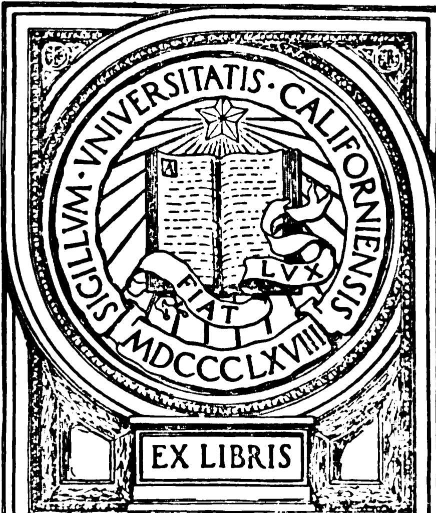

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

UNTER MITWIRKUNG VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Oberstabsarzt Dr. H. BUCHNER, München; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Moskau; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. M. GRUBER, Wien; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. F. RENK, Halle; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. G. WOLFFHÜGEL, Göttingen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, FR. HOFMANN, M. v. PETTENKOFER, M. RUBNER,

o.ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

AMSTERDAM LEIPZIG MÜNCHEN BERLIN.

ZWEIUNDZWANZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND LEIPZIG.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.
1895.

Inhalt.

Zersetzungen zuckerhaltigen Nährmateriales durch den Vibrio cholerae asiaticae Koch.

Von

Dr. med. B. Gosio,
aus Rom.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität zu Berlin.)

Die Fähigkeit des Vibrio Koch, beim Cultiviren in traubenzuckerhaltigen Peptonlösungen l-Milchsäure zu bilden, wurde schon von Kuprianow[1]) ermittelt. Dieser Autor machte seine Untersuchungen an dem bei Gelegenheit der Hamburger Cholera isolirten Vibrio. Weitere Untersuchungen von mir[2]) an anderen Vibrionen, welche den Choleraepidemien der letzten Jahre entstammten, ergaben, dass es sich hier um eine constante Eigenschaft handelt, welche, obwohl sie durchaus nicht als specifische zu betrachten ist, unter besonderen Umständen dazu dienen kann, Keime, welche sich morphologisch gleichen, von einander zu unterscheiden.

Im Folgenden erlaube ich mir, die Resultate weiterer Untersuchungen mitzutheilen, welche das genauere Studium der Einwirkung des Vibrio Koch auf zuckerhaltiges Nährmaterial zum Gegenstand haben.

Die Nährflüssigkeit hatte dieselbe Zusammensetzung wie bei meinen früheren Versuchen; sie enthielt, um das noch einmal

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XIX, S. 282.

2) Dasselbe, Bd. XXI, S. 114.

kurz zu wiederholen, 1 % Pepton Witte, 5 % Glukose, 2,5 % Calciumcarbonat und die nöthige Menge Soda.

Das Verfahren der Herstellung steriler Lösungen ist von mir etwas verändert worden. Da diese Modification in einer wesentlichen Vereinfachung besteht und sich sehr gut bewährt hat, soll sie zunächst mitgetheilt werden.

Um 3 l Nährflüssigkeit herzustellen, löst man unter Erwärmen 30 g Pepton in 1 l destillirten Wasser, fügt 30 ccm Normalsodalösung hinzu, filtrirt von der entstandenen Trübung ab und bringt das Filtrat mit destillirtem Wasser auf 2 l. Diese alkalische Peptonlösung wird in einen ca. 4 l enthaltenden Kolben mit 75 g Calciumcarbonat gebracht.

In einem anderen Kolben werden 150 g Traubenzucker in 1 l Wasser gelöst. Beide Flüssigkeiten, aus deren Mischung die Nährlösung entstehen soll, müssen zunächst getrennt sterilisirt werden, da die Anwesenheit des Alkali während der Sterilisation im Dampftopfe eine starke Zersetzung des Zuckers hervorrufen würde.

Nach der Sterilisation mischt man beide Lösungen; muss jedoch hierbei besondere Vorsichtsmaassregeln treffen, um das Eintreten der Keime aus der Luft zu verhindern.

Zu diesem Zweck hat Kuprianow[1]) eine Methode angegeben, nach deren Princip ich auch zu Anfang gearbeitet habe; obgleich diese Methode im Allgemeinen den Erfordernissen entspricht, so haften ihr doch einige Unvollkommenheiten an.

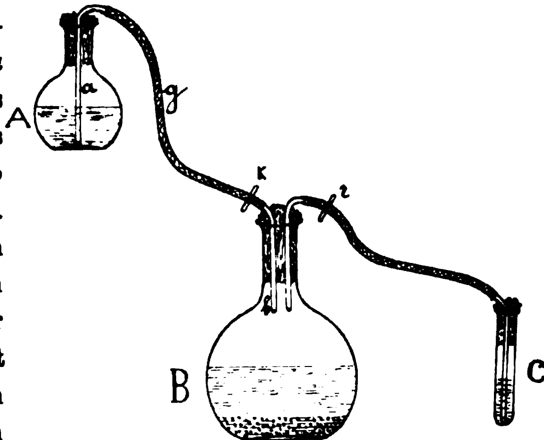
Die Kolben, welche man, auf den Rath von Kuprianow, mit Kautschuckstopfen versieht, platzen oft in Folge des starken Druckes, welcher sich beim Sterilisiren im Dampftopf entwickelt: die kleinen Röhrchen, welche durch den Kautschuckpfropfen führen, genügen häufig nicht, um die sich im Uebermaass entwickelnden Dämpfe entweichen zu lassen. Ausserdem muss man die sterilisirte Zuckerlösung durch starkes Blasen von einem Kolben in den anderen treiben, was in der That mit grosser Anstrengung verbunden ist, und die Gefahr nicht ausschliesst, Keime in die Mischung gelangen zu lassen. Schliess-

1) a. a. O.

lich können sich die Kulturen wegen Mangels an Sauerstoff nicht gut entwickeln, da die Pfropfen den Eintritt der Luft zu den Gefässen verhindern. — Deshalb ist man genöthigt, wie Kuprianow selbst angab, nach der Impfung die Gummipfropfen durch Wattepfropfen zu ersetzen.

Nach mehrfachem Probiren fand ich, dass man seinen Zweck durch folgendes sehr einfache Verfahren erreicht.

Beide Kolben *A* und *B* (siehe Abbildung) werden mit Wattebausch versehen und sterilisirt; in den Kolben *A* bringt man die Zuckerlösung, in den Kolben *B* die alkalische Peptonlösung und das Calciumcarbonat. Durch jeden Wattepfropf führt eine im entsprechenden Winkel gebogene Glasröhre. Das Rohr *a* erreicht den Boden des Gefässes, während das Rohr *b* kurz unterhalb der Watte abschneidet. *a* und *b* sind durch einen Gummischlauch verbunden, welcher länger ist als *a*. Ist alles zum Sterilisiren fertig, so schliesst man den Gummischlauch mittelst einer Klemme *K* an seinem Verbindungsstück mit der Glasröhre *b* von derselben ab. Es ist unbedingt nöthig, darauf zu achten, dass das Ende des Gummischlauches über der Klemme länger ist, als das senkrecht stehende Röhrchen *a*.



Beide Kolben werden nun zusammen in einem grossen Dampftopf sterilisirt. Durch die hohe Temperatur und grosse Dampfentwickelung, wird alle Luft aus den Kolben, resp. den dazu gehörigen Röhrchen entfernt. Nach bekannten physikalischen Gesetzen steigt nun die Flüssigkeit in das luftleere Röhrchen *a* und den Schlauch *g* bis an die Klemme. — Erhöht man den

Kolben *A* und entfernt nach der Abkühlung die Klemme, so muss die Flüssigkeit von *A* nach *B* laufen. — Am Ende der Operation zieht man das Röhrchen *b* vorsichtig heraus, und schüttelt das Gefäss *B*, um eine gleichmässige Vertheilung der Mischung zu erzielen, worauf, meiner Meinung nach, die Impfung gleich vorgenommen werden kann. Bei keinem der auf diese Weise hergerichteten Kolben habe ich einen Misserfolg gehabt: die Flüssigkeiten, welche der grösseren Vorsicht halber noch einige Tage zur Beobachtung bei Brutwärme stehen gelassen wurden, blieben immer vollständig klar.

Diese Methode ist wegen ihrer Einfachheit und des guten Erfolges in allen Fällen, wo man Lösungen getrennt sterilisiren muss, sehr zu empfehlen. Anstatt der Zuckerlösung kann man auch die Peptonlösung hinüberhebern, was von Vortheil ist, da auf diese Weise die Nährlösung die gesammte Zuckermenge ohne jeden Verlust enthält; anderenfalls ist es nothwendig, durch Titration die im Kolben und Glasröhrchen zurückgebliebene Quantität zu bestimmen und sie von der Totalquantität zu subtrahiren. Will man die Sterilisation der Zuckerlösung bei Anwesenheit von Calciumcarbonat vornehmen, so darf dieselbe nicht ein bestimmtes Zeitmaass überschreiten. (Nach dem Rath von Kuprianow soll man die Kolben an drei aufeinanderfolgenden Tagen, und zwar an jedem Tage drei Stunden sterilisiren.) Wird das Kochen zu lange fortgesetzt, so findet auch durch Einwirkung des Calciumcarbonat eine Zersetzung des Zuckers in geringem Maasse statt, was sich durch die braune Färbung der Flüssigkeit zu erkennen gibt. Nach meinen Erfahrungen ist eine Sterilisation von 20—25 Minuten an drei aufeinanderfolgenden Tagen vollkommen genügend, besonders wenn man die Vorsicht gebraucht hat, die Gummischläuche durch Sublimat und die Kolben nebst Röhrchen und Calciumcarbonat im Trockenofen zuerst zu sterilisiren.

Um die Impfung vorzunehmen, wurde entweder eine junge Agarcultur verwendet, oder es wurde eine Peptoncultur nach oben angegebener Methode der Nährlösung zugefügt. Zu diesem Zweck dient ein Reagenzglas *C* (siehe Abbildung), welches ganz in

derselben Weise armirt ist, wie der Kolben *A*. Dieses Reagenzglas enthält eine 1%ige Peptonlösung, wird mit beiden Kolben zusammen sterilisirt und alsdann inficirt. Hat sich die Cultur entwickelt, so hebt man das Reagenzglas hoch, öffnet die Klemme *r* und lässt die Cultur in den Kolben *B* fliessen. Ein Wasserbad, dessen Temperatur von 30—38° schwankte, nahm die Culturen auf. Da ich über die angewandte Untersuchungsmethode schon in meiner vorhergehenden Mittheilung sprach, so erwähne ich dies nicht noch einmal, sondern wende mich gleich zu den Versuchen, welche sich in folgender Weise gruppiren lassen:

1. Die zeitlichen Verhältnisse der Milchsäurebildung und ihre Beziehung zur Zuckerzersetzung.

2. Die Natur der flüchtigen Säure, die zeitlichen Verhältnisse ihrer Bildung und ihre Beziehung zur Zuckerzersetzung, quantitative Bestimmung der flüchtigen Säure.

3. Die zeitlichen Verhältnisse der Gesammtsäurebildung und ihre Beziehung zur Zuckerzersetzung, sowie ihre Abhängigkeit von Temperatur, Zusammensetzung der Nährlösung u. s. w.

4. Alkoholische und aldehydische Producte, quantitative Bestimmung des Alkohols.

5. Gasförmige Producte, speciell Kohlensäure.

6. Untersuchung der Zersetzungsproducte, welche auftreten, wenn der Traubenzucker in der Nährlösung durch andere Kohlehydrate ersetzt ist.

7. Untersuchung der Zersetzungsproducte, welche in zuckerhaltigen, aber eiweissfreien Nährlösungen auftreten.

8. Untersuchung der Zersetzungsproducte, welche andere Vibrionen in zuckerhaltigen Nährlösungen bilden.

I. Die zeitlichen Verhältnisse der Milchsäurebildung und ihre Beziehung zur Zuckerzersetzung.

Was nun meine erste Frage betrifft, so verwandte ich vier Dreiliterculturen, von denen die erste 7, die zweite 15, die dritte 21, die vierte 37 Tage im Wasserbade gehalten wurde. Die Resultate sind folgende:

Cultur von 7 Tagen. Wachsthum gut, aber keine sichtbare Bildung von Häutchen an der Oberfläche. Die Titration ergab im Ganzen 117,48 g Glukose; die Quantität war zu Anfang 149,26 g, es sind also 31,78 g zersetzt worden.

Alkohol wurde nachgewiesen.

Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren (hier wie in allen folgenden Fällen ein Liter Destillat) waren 178,3 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge erforderlich.

Die Quantität des Zinksalzes betrug 3,68 g.

Im Polarisationsapparat untersucht, dreht die Lösung des Zinksalzes rechts. 0,704 g Substanz bewirken in einem 2 dcm langen Rohre eine Ablenkung von + 0,80°. Der Inhalt des Rohres ist 13 ccm. Bei Anwendung der Formel $(\alpha) D = \frac{v\, a}{p\, l'}$, in welcher v dem Inhalt des Rohres in Cubikcentimetern entspricht, p das Gewicht der in ihm enthaltenen polarisirenden Substanz, l' die Länge des Rohres in Decimetern und a die abgelesene Drehung, ergibt sich für das Zinksalz die specifische Drehung $(\alpha) D = + 7{,}38$.

0,533 g krystallisirte und lufttrockene Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,066 g Wasser. Das entspricht 12,38 % Krystallwasser.

0,533 g Substanz liefern beim Glühen 0,156 g ZnO. Das entspricht 29,26 % ZnO.

Cultur von 15 Tagen. Wachsthum wie oben. Die Titration ergab im Ganzen 97,90 g Glukose. Die Quantität war zu Anfang 147,11 g; es sind also 49,21 g zersetzt worden.

Alkohol und Spuren von Aldehyd wurden constatirt.

Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren waren 238,5 $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge erforderlich.

Die Quantität des Zinksalzes betrug 12,15 g.

Abgelesene Drehung + 0,97°, Substanz 0,882 g, also $(\alpha) D = + 7{,}14$.

0,410 g krystallisirte und lufttrockene Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,052 g Wasser. Das entspricht 12,68 % Krystallwasser.

0,600 g Substanz liefern beim Glühen 0,172 g ZnO. Das entspricht 28,66 % ZnO.

Cultur von 21 Tagen. Wachsthum sehr gut; Bildung eines Häutchens an der Oberfläche. Die Titration ergibt im Ganzen 95,5 g Glukose; die Quantität war zu Anfang 150 g. Es sind also 54,5 g zersetzt worden.

Alkohol wurde in verhältnissmässig grösserer Menge, Aldehyd in Spuren nachgewiesen.

Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren waren 288,5 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge erforderlich.

Die Quantität des Zinksalzes betrug 13,08 g.

Abgelesene Drehung + 1,00°, Substanz = 0,921 g, also $(\alpha) D = + 7,05$.

0,382 g krystallisirte, lufttrockene Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,050 g Wasser. Das entspricht 13,85 % Krystallwasser.

0,382 g Substanz liefern beim Glühen 0,109 g ZnO. Das entspricht 28,54 % ZnO.

Cultur von 37 Tagen. Wachsthum sehr gut; doch keine Häutchenbildung an der Oberfläche. Die Titration ergab im Ganzen 86,4 g Glukose; die Quantität war zu Anfang 150 g. Es sind also 63,6 g zersetzt worden.

Alkohol wurde constatirt.

Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren waren 310,5 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge erforderlich.

Die Menge des Zinksalzes erreicht 15,42 g.

Abgelesene Drehung + 0,98°, Substanz 0,814 g, also $(\alpha) D = + 7,42$.

0,613 g krystallisirte lufttrockene Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,077 g Wasser. Das entspricht 12,56 % Krystallwasser.

0,613 g Substanz liefern beim Glühen 0,176 g ZnO. Das entspricht 28,71 % ZnO.

Aus den vier Versuchen interessiren uns an dieser Stelle zunächst die für Zuckerzersetzung und Milchsäurebildung erhaltenen Werthe. Sie sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Dauer des Versuchs	Menge des zersetzten Zuckers	Menge des erhaltenen milchsauren Zinks	Verhältnis des zersetzten Zuckers zu dem erhaltenen milchsauren Zink
168 Stunden	31,78 g	3,68	1 : 0,11
360 "	49,21 "	12,15	1 : 0,24
504 "	54,5 "	13,08	1 : 0,24
888 "	63,6 "	15,42	1 : 0,24

Es drängt sich nun zunächst die Frage auf: entspricht die von mir erhaltene Säuremenge in der That der gebildeten, oder mit anderen Worten, ist die Bestimmung der Milchsäure eine quantitative?

Von vornherein war anzunehmen, dass dies nicht der Fall sei. Die Schwierigkeit, die Milchsäure der wässerigen Lösung durch Aether völlig zu entziehen, die Nothwendigkeit, das Zinksalz zum

Zweck der Reinigung wiederholt und unter Benutzung von Thierkohle umzukrystallisiren, stellten sich einer quantitativen Ausbeute hindernd in den Weg. Um festzustellen, wie gross annähernd die Verluste, mit denen das von mir benutzte Verfahren arbeitet, seien, habe ich zwei Controlversuche ausgeführt. Dreiliterculturen der gleichen Zusammensetzung wie die, welche für die Infection mit Vibrio Koch hergerichtet waren, wurden statt dessen mit bekannten Mengen von l-milchsaurem Zink versetzt und ganz der gleichen Behandlung unterworfen, wie sie in den oben erwähnten Versuchen angewandt worden war. Ich fügte Oxalsäure hinzu, dampfte bis zum dünnen Syrup ein, schüttelte viermal mit ungefähr 2 l Aether je 15—20 Minuten aus und destillirte den Aether unter Zusatz von etwas Wasser ab. Der Rückstand wurde mit Zinkcarbonat gekocht, heiss filtrirt und auf kleines Volumen eingedampft. Beim Stehenlassen schied sich die erste krystallinische Masse ab. Die Mutterlauge wurde dekantirt, eingedampft und wieder der Krystallisation überlassen. Dieses Verfahren wiederholte ich, so oft sich noch Krystalle abschieden. Sämmtliche krystallinische Massen wurden durch Umkrystallisiren gereinigt, mit Thierkohle entfärbt, an der Luft getrocknet und gewogen.

	Quantität des Zinksalzes	
	zugefügt	wiedererhalten
Controlversuch 1 . .	10 g	6,27 g = 62,7 %
Controlversuch 2 . .	5 g	2,44 g = 48,8 %.

37,3 resp. 51,2 % haben sich dem Nachweis entzogen, und zwar ist der Verlust um so grösser, je kleiner die der Lösung zugefügte Menge Milchsäure. Die oben erhaltenen Werthe können also nur einen relativen Werth beanspruchen. Doch ergibt sich aus ihnen unzweifelhaft, dass während der ganzen Versuchsdauer Milchsäure gebildet wird, in den ersten beiden Wochen reichlich, in der dritten und vierten nur noch ganz unbedeutend, und ferner, dass Zuckerzersetzung und Milchsäurebildung Hand in Hand gehen. Die Ausnahme, welche der 168-Stunden-Versuch in dieser letzteren Beziehung macht, ist nur eine scheinbare;

sie erklärt sich ohne Weiteres durch die Controlversuche, aus denen ja hervorgeht, dass von kleinen Mengen Milchsäure relativ viel weniger wiedergefunden wird, als von grösseren.

2. Die Natur der flüchtigen Säure, die zeitlichen Verhältnisse ihrer Bildung und ihre Beziehung zur Zuckerzersetzung, quantitative Bestimmung der flüchtigen Säure.

Ueber die flüchtigen Säuren, die sich in Zuckerpeptonculturen des Vibrio Koch bilden, weiss man bis jetzt nur wenig. Die Untersuchungen von Kuprianow, dem es in erster Linie darauf ankam, die Natur der fixen Säure festzustellen, berücksichtigte die flüchtigen Säuren so gut wie gar nicht. Man kann aus ihnen nur entnehmen, dass flüchtige Säuren gebildet werden, aber in ihrer Menge sehr hinter der Milchsäure zurückbleiben. Die Quantität, welche in einer Dreiliterecultur während drei Wochen gebildet war, erforderte zur Neutralisation 11,1 ccm $^1/_{10}$ N.-Natronlauge.

Die flüchtigen Säuren verdienen aber unzweifelhaft eine eingehendere Berücksichtigung, sie finden sich ganz ausnahmslos und in nicht unerheblichen Mengen unter den Stoffwechselproducten des Vibrio Koch, spielen also für das Verständnis des Zersetzungsmodus jedenfalls eine nicht unwichtige Rolle.

Es kam mir zunächst darauf an, eine qualitative Untersuchung auszuführen. Zu diesem Zweck destillirte ich eine grosse Anzahl Traubenzuckerpeptonculturen, welche verschieden lange Zeit (1 bis 5 Wochen) bei Bruttemperatur gestanden hatten, unter Zusatz von Oxalsäure. Die Destillate wurden vereinigt, mit Natronlauge genau neutralisirt und auf dem Wasserbad eingeengt. Die concentrirte Lösung erhitzte ich mit Thierkohle und filtrirte. Beim Eindampfen erstarrte die Masse krystallinisch. Es wurden zunächst folgende Reactionen angestellt:

1. Eine kleine trockene Portion der Substanz wird mit absolutem Alkohol und einigen Tropfen concentrirter Schwefelsäure versetzt. Schon in der Kälte entwickelt sich allmählig ein ananasähnlicher Geruch, welcher auf Anwesenheit von Buttersäureäthylester schliessen lässt. Beim Erhitzen verschwindet

dieser Charakter, während sich eine starke Entwickelung von Essigäthylester bemerkbar macht. Nachdem sich die Flüssigkeit genügend abgekühlt hatte, tritt wieder der erstere, an Ananas erinnernde Geruch zu Tage.

Die wässerige Lösung der Substanz verhält sich folgendermaassen:

2. Durch Eisensesquichlorid entsteht eine starke, rothe Färbung. Beim Erhitzen entfärbt sich die Lösung vollständig, und man erhält einen starken, braunrothen Niederschlag.

Auch ohne Erhitzen, nur beim längeren Stehenlassen, scheidet sich ein flockiger, rother Niederschlag ab, wobei jedoch die Flüssigkeit immer roth gefärbt bleibt.

3. Silbernitrat bewirkt einen weissen Niederschlag, welcher sich am Licht bräunt.

4. Bei Behandlung mit salpetersauren Quecksilberoxydul erhält man ebenfalls einen weissen Niederschlag, welcher sich beim Erhitzen bräunt.

Nach diesen Reactionen zu urtheilen, kann man annehmen, dass Essigsäure, sowie auch höchst wahrscheinlich Buttersäure vorliegen. Um aber das Vorhandensein der Buttersäure sicher festzustellen, genügen diese Proben nicht. Ich stellte daher folgende Untersuchungen an. Der noch vorhandene Rest der Natronsalze wurde mit verdünnter Schwefelsäure angesäuert und wiederholt mit viel Aether stark geschüttelt. Der Aether wurde hierauf bei Anwesenheit von Wasser abdestillirt, der Rückstand mit Baryt gekocht und der Ueberschuss des letzteren durch Einleiten von Kohlensäure entfernt. Als das Filtrat nach abermaligem Durchleiten eines Kohlensäurestromes keine Trübung mehr zeigte, dampfte ich auf kleines Volumen ein. Nach längerem Stehen bildete sich eine geringe Abscheidung, welche grösstenteils aus glänzenden Blättchen bestand und zu zwei Barytbestimmungen genügte. Die Substanz wurde bei 100° getrocknet, die Ermittelung des Barytgehaltes geschah in bekannter Weise.

0,201 g Substanz lieferten 0,155 g $BaSO_4$ = 0,1017 g BaO, d. h. 50,59% BaO
0,132 g » » 0,104 g » = 0,068 g » » » 51,51% »

Die Theorie verlangt für buttersaures Baryum 49,51 % Ba O, für essigsaures Baryum 60,60 % Ba O, für valeriansaures Baryum 45,14 % Ba O.

Die analysirte Substanz bestand also wahrscheinlich aus buttersaurem Baryum, dem eine kleine Quantität des essigsauren Salzes beigemengt war.

Bei dem Destillationsproduct von drei alten Choleraculturen (5—7 Wochen) konnte man, dem Geruch nach zu urtheilen, auf Anwesenheit von Isopropylessigsäure schliessen.

Durch wiederholtes Destilliren, bei welchem nur immer die ersten Portionen des Destillats zur Verwendung kamen, erhielt man am Ende ein Product, welches mit Natronlauge genau neutralisirt, bei Behandlung mit $MgSO_4$ oder $ZnSO_4$ eine Trübung zeigte. Bei Prüfung mit $CaCl_2$ oder $BaCl_2$ blieb die Flüssigkeit vollständig klar. Die Isovaleriansäure wurde bei alten Culturen gefunden; damit soll aber nicht gesagt sein, dass sie bei jungen fehlt.

Die Versuche, die Isopropylessigsäure und Buttersäure als ölige Substanz aus der wässerigen Lösung abzuscheiden, verliefen resultatlos.

Man kann aus den angeführten Untersuchungen den Schluss ziehen, dass die flüchtigen Säuren regelmässig Buttersäure und Essigsäure enthalten. Ueber das Mengenverhältnis vermag ich nichts Sicheres anzugeben.

Von einer quantitativen Bestimmung der flüchtigen Säuren wurde zunächst abgesehen. Es ist bekanntlich sehr langwierig, dieselben aus wässerigen Lösungen vollständig abzudestilliren. Da die Culturflüssigkeiten auch zur Bestimmung der Milchsäure dienten, fürchtete ich, dass während des anhaltenden Kochens eine Zersetzung dieser Säure stattfinden möchte. Ich habe es deswegen vorgezogen, aus den Dreiliterculturen stets nur einen Liter abzudestilliren und zwar unter gleichzeitiger Einleitung von Wasserdampf. Auf diese Weise erhielt ich allerdings keine quantitativen, aber doch vergleichbare Werthe.

Dauer des Versuchs[1])	Menge des zersetzten Zuckers	Menge der erhaltenen flüchtigen Säure auf H_2SO_4 berechnet	Verhältnis des zersetzten Zuckers zur erhaltenen flüchtigen Säure	Verhältnis des zersetzten Zuckers zum erhaltenen milchsauren Zink[2])
168 Stunden	31,78 g	0,85 g	1 : 0,0267	1 : 0,11
360 „	49,21 „	1,17 „	1 : 0,0238	1 : 0,24
504 „	54,5 „	1,41 „	1 : 0,0258	1 : 0,24
888 „	63,6 „	1,52 „	1 : 0,0239	1 : 0,24

Es ergibt sich aus dieser Tabelle, dass flüchtige Säuren schon in der ersten Woche gebildet werden. Je älter die Cultur, um so mehr Säure wird gefunden, aber die Zunahme ist keine gleichmässige, sie wird mit dem Alter der Cultur immer geringer, so dass nach fünf Wochen nicht einmal das Doppelte der nach acht Tagen gebildeten Quantität erreicht ist.

Zuckerzersetzung und Bildung von flüchtigen Säuren laufen parallel. Es gilt also für die Verhältnisse der Bildung der flüchtigen Säuren ganz dasselbe, was für die Bildung der Milchsäure festgestellt wurde.

Ganz einwandfrei sind allerdings die aus den Versuchen gezogenen Schlussfolgerungen nicht. Die einzelnen flüchtigen Säuren destilliren aus wässerigen Lösungen nicht gleich leicht über, wie mir folgende Experimente zeigten. Ich versetzte drei Liter Wasser mit bestimmten Mengen von Ameisensäure resp. Essigsäure und Buttersäure, destillirte in derselben Weise, wie bei den Culturflüssigkeiten geschehen war, unter Wasserdampfeinleitung je einen Liter ab und bestimmte im Destillat die Menge der Säure durch Titration.

		Eingebrachte Menge	Wiedergefundene Menge	Mittel
Ameisensäure . .	a	0,184 g	0,033 g = 18,0 %	15,8 %
	b	0,690 „	0,094 „ = 13,6 %	
Essigsäure . . .	a	0,792 „	0,220 „ = 27,8 %	30,5 %
	b	0,634 „	0,211 „ = 33,2 %	
Buttersäure . .	a	0,510 „	0,248 „ = 48,6 %	48,0 %
	b	0,255 „	0,121 „ = 47,4 %	

1) Es sind dies dieselben Culturen, welche auch zur Bestimmung der Milchsäure gedient hatten, siehe S. 7.

2) Aus der Tabelle S. 7 übernommen.

Es ergibt sich daraus, dass die fetten flüchtigen Säuren um so leichter mit Wasserdämpfen übergehen, je höher ihr Molekulargewicht ist, wie man das ja auch von anderen Körpern weiss.

Eine Culturflüssigkeit, welche wesentliche Mengen von Buttersäure enthält, wird also ceter. par. ein viel saureres Destillat liefern, als eine andere, welche denselben Aciditätsgrad zeigt, deren Acidität aber vorwiegend durch Ameisensäure bedingt ist.

Meine Resultate sind aber nur dann vergleichbar, wenn während der ganzen Versuchsdauer die flüchtigen Säuren wenigstens annähernd stets in denselben Verhältnissen zu einander gebildet wurden. Ob diese Bedingung erfüllt ist, hat noch nicht mit genügender Sicherheit festgestellt werden können.

Um über die absolute Menge der in einer bestimmten Zeit gebildeten flüchtigen Säuren nicht ganz im Dunkeln zu bleiben, habe ich einige wenige quantitative Bestimmungen ausgeführt. Es dienten dazu 200 ccm Culturen. Die Destillation der mit Oxalsäure angesäuerten und vom Kalkniederschlag abfiltrirten Flüssigkeit wurde unter häufiger Erneuerung des verdunsteten Wassers fortgesetzt, bis ein Tropfen der übergegangenen Flüssigkeit keine Spur einer sauren Reaction mehr zeigte. Die Bestimmung geschah durch Titration mit $^1/_{10}$ N.-Natronlauge.

Dauer des Versuchs	Menge des zersetzten Zuckers	Menge der flüchtigen Säuren (H_2SO_4)	Verhältnis des zersetzten Zuckers zur flüchtig. Säure
504 Stunden (21 Tage)	4,79 g	0,43 g	1 : 0,09
1124 „ (51 „)	6,16 „	0,68 „	1 : 0,11

3. Die zeitlichen Verhältnisse der Gesammtsäurebildung und ihre Beziehung zur Zuckerzersetzung, sowie ihre Abhängigkeit von Temperatur, Zusammensetzung der Nährlösung u. s. w.

Wie wir sahen, war weder die Bestimmung der Milchsäure noch die der flüchtigen Säure eine quantitative. Um einen Einblick in die quantitativen Verhältnisse der Säurebildung zu gewinnen, habe ich mich eines, meines Wissens bisher noch nicht benutzten,

sehr einfachen und, wie die Erfahrung zeigte, sehr genauen Verfahrens bedient. Es bestand darin, die Gesammtmenge der gebildeten Säure durch die Menge des in Lösung gegangenen Kalkes festzustellen. Gleichzeitig wurde ermittelt, wie viel Zucker zersetzt war, um auf diese Weise die Beziehungen der Zuckerzersetzung zur Säurebildung kennen zu lernen.

Zur Verwendung kamen für dieses Experiment kleine Rundkolben von 350 ccm Inhalt. Die Nährlösung betrug in allen Fällen genau 200 ccm. Sie hatte dieselbe Zusammensetzung, wie die bisher benutzte, und war ebenfalls auf die oben beschriebene Weise sterilisirt worden. Es kam mir darauf an, die Versuche alle in jeder Beziehung möglichst gleichartig zu gestalten. Form und Grösse der benutzten Kolben waren annähernd gleich, alle standen in demselben Brutschrank, dessen Temperatur constant war, und wurden in gleichen Intervallen umgeschüttelt. Die Menge des Impfmaterials und das Alter der zur Infection benutzten Cultur waren gleich. Jeder Kolben wurde mit 0,2 ccm einer 1% Peptonlösung, die 3/4 Tag vorher mit Vibrio Koch inficiert war, geimpft.

Am Ende der Versuche zeigte es sich, dass die Flüssigkeiten in allen Fällen trotz häufigen Umschüttelns sauer reagirten. Diese saure Reaction ist wohl zum grössten Theil auf Rechnung der gelösten Kohlensäure zu setzen, vielleicht wird sie aber theilweise auch durch freie organische Säure bewirkt. Um auch diese noch an Calcium zu binden, wurden die Versuchskolben zunächst 15 Minuten auf dem Wasserbad erhitzt; während dessen nahm die Flüssigkeit neutrale Reaction an. Nun erst begann die Untersuchung. Ein kleiner Theil diente zur Zuckerbestimmung, aus dem grösseren Rest wurde Kalk als oxalsaurer Kalk ausgefällt und als Calciumoxyd gewogen. Die so gewonnenen Kalkwerthe bedürfen aber einer kleinen Correctur. Es hatte sich nämlich herausgestellt, dass schon die Nährlösung vor der Impfung aufgelösten Kalk enthält. Derselbe ist zum grössten Theil als solcher im Pepton enthalten, zum Theil stammt er aus dem zugefügten Calciumcarbonat und geht durch Umsetzung dieses Salzes mit den im Pepton vorhandenen Chloriden und Sulfaten in Lösung. Die

Menge des in 200 ccm Nährlösung enthaltenen Kalks betrug im Durchschnitt mehrerer Bestimmungen 0,049 g. Sie wurde von der am Schluss der Versuche erhaltenen in Abzug gebracht.

Folgende Tabelle zeigt die erhaltenen Resultate:

Dauer des Versuchs	Menge des zersetzten Zuckers	Menge des gefundenen Calciumoxyds [1])	Verhältnis des zersetzten Zuckers zum gefundenen CaO
22 Stunden	0,407 g	0,083 g	1 : 0,2
72 "	1,19 "	0,368 "	1 : 0,3
144 "	2,04 "	0,610 "	1 : 0,3
216 "	2,87 "	0,678 "	1 : 0,23
360 "	4,45 "	1,017 "	1 : 0,23
504 "	4,79 "	1,199 "	1 : 0,25
672 "	5,06 "	1,238 "	1 : 0,24

Diese Tabelle bestätigt für die Gesammtsäure das, was für die Milchsäure und flüchtige Säure gefunden wurde. Vom Anfang der dritten Woche an nimmt die Intensität der Zuckerzersetzung und der Säurebildung erheblich ab. Beide Processe verlaufen annähernd parallel.

Weiterhin erschien es mir von Interesse, festzustellen, welchen Einfluss das Alter des Impfmaterials, Aenderungen der Temperatur, der Zusammensetzung der Nährlösung auf die Säurebildung habe.

Abgesehen von dem einen Factor, dessen Einfluss ermittelt werden sollte, stimmten die Versuche alle genau mit den zuletzt beschriebenen überein.

Versuch über den Einfluss des Alters des Impfmaterials auf die Säurebildung.

Zur Infection diente eine alte, abgeschwächte Agarcultur.

Dauer des Versuchs	CaO gefunden	Dauer des Versuchs	CaO gefunden
30 Stunden	0,094 g	132 Stunden	0,422 g
52 "	0,201 "	180 "	0,518 "
72 "	0,310 "	288 "	0,747 "
99 "	0,359 "		

1) Mit Berücksichtigung der Correctur.

Die Zahlen sprechen dafür, dass die Säurebildung von Seiten der alten Cultur etwas langsamer von Statten geht.

Versuch über den Einfluss der Temperatur auf die Säurebildung.

Dauer des Versuchs	Temperatur	Ca O gefunden
168 Stunden . .	10—11°	(keine Entwicklung)
	12—18°	0,329 g
	25—26°	0,515 „
	36—37°	0,644 „
	45—50°	(keine Entwicklung)

Versuch über den Einfluss discontinuirlicher Temperatur auf die Säurebildung.

Dauer des Versuchs	Temperatur	Ca O gefunden
288 Stunden	36 bis 37°	0,747
	Abwechselnd 24 Std. bei 36 bis 37° und 24 Std. bei Laboratoriumstemperatur	0,486

Versuch über den Einfluss der Zusammensetzung der Nährlösung auf die Säurebildung.

a. Wechselnder Zuckergehalt.

Dauer des Versuchs	Zuckergehalt	Zucker zersetzt	Ca O gefunden	Verhältnis des zersetzten Zuckers zum gefundenen Ca O
168 Stunden	5 g	1,70 g	0,475	1 : 0,28
	10 „	2,23 „	0,611	1 : 0,27
	15 „	2,84 „	0,772	1 : 0,27

b. Wechselnder Peptongehalt.

Dauer des Versuchs	Peptongehalt	Zucker zersetzt	Ca O gefunden	Verhältnis des zersetzten Zuckers zum gefundenen Ca O
240 Stunden	1 g	2,57	0,665	1 : 0,26
	3 „	1,88	0,617	1 : 0,33

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, dass die Bruttemperatur die der Säurebildung günstigste ist, ferner, dass Zuckerzersetzung und Säurebildung mit steigendem Zuckergehalt der Nährlösung zunehmen, mit steigendem Peptongehalt abnehmen.

Dieser letztere Befund, welcher mit einer Beobachtung von Péré[1]), der seine Experimente an Bact. coli anstellte, übereinstimmt, erklärt sich vielleicht so, dass die Bacterien bei reichlichem Eiweissgehalt der Nahrung zunächst dieses angreifen. Das Verhältnis der Zuckerzersetzung zur CaO-Menge, welches in allen meinen Versuchen mit 2 g Pepton (1 %) zwischen 1 : 0,2 und 1 : 0,3 schwankt, erreicht in dem Versuch mit **3 g** Pepton (1,5 %) den Werth 1 : 0,33. Das könnte vielleicht dafür sprechen, dass der Vibrio Koch auch aus dem Pepton Säuren bilden kann; doch ist das vorliegende Material zu gering, als dass man schon jetzt derartige Schlüsse zu ziehen berechtigt wäre.

Versuch über den Einfluss des Schüttelns auf die Säurebildung.

Endlich habe ich noch einen Versuch angestellt, welcher über den Einfluss des Schüttelns auf die Säurebildung Aufschluss geben sollte. Es zeigte sich, wie zu erwarten war, dass derselbe ein ziemlich bedeutender ist.

Kölbchen a wurde jeden Tag geschüttelt, Kölbchen b jeden zweiten Tag.

Nach zehn Tagen wurde die Kalkbestimmung ausgeführt und in Kölbchen a 0,677 g CaO, in Kölbchen b 0,548 g CaO gefunden.

4. Alkoholische und aldehydische Producte, quantitative Bestimmung des Alkohol.

Ueber das Vorkommen von Alkohol in Culturen des Vibrio Koch hat Kuprianow keine Untersuchungen angestellt; ich selbst habe angegeben, dass die Vibrionen Dunbar, Wernicke 1, 2 und 3, der aus dem Fall in Wittenberg isolirte Keim, sowie die Vibrionen der Calcutta- und Massauah-Cholera mehr oder weniger Alkohol und zum Theil auch Spuren von Aldehyd bilden. Da Genaueres über die bei neutraler Reaction flüchtigen Producte weder für die erwähnten Keime, noch für den echten Vibrio Koch

1) Ann. Inst. Past., T. 7, p. 737.

bekannt ist, habe ich Untersuchungen in dieser Richtung angestellt. Es ergab sich, dass jede Zuckerpeptoncultur Alkohol enthielt. Destillirt man aus einer Dreiliter-Cultur nach Entfernung des Calciumcarbonats durch Filtriren 300 ccm ab, rectificirt das Destillat noch einige Male, so lässt sich in der Flüssigkeit Alkohol mit verschiedenen Proben sicher nachweisen: die Lieben'sche Jodoformreaction fällt positiv aus, beim Erhitzen mit Kaliumbichromat und verdünnter Schwefelsäure wird Aldehyd und beim Erhitzen mit Natriumacetat und conc. Schwefelsäure Essigäther gebildet. Durch nochmalige Destillation der Flüssigkeit in Gegenwart eines wasserentziehenden Mittels erhält man ein Product, welches entzündbar ist und mit bläulicher Flamme brennt. Um auch auf Aldehyd und andere flüchtige Körper prüfen zu können, reichte die Menge, welche man aus einer Cultur erhielt, nicht aus. Ich habe deswegen die Destillate von sieben Dreiliter-Culturen (Alter 1 bis 6 Wochen) vereinigt, rectificirt und schliesslich im Apparat von Le Bel-Henninger der fractionirten Destillation unterworfen. Bei 26 bis 28° geht eine Flüssigkeit über, welche sich sehr leicht verflüchtigt, stark nach Aldehyd riecht und die Silberspiegelreaction nach Tollens, sowie die Metaphenylendiaminreaction gibt. Die bei 58 bis 67° destillirende Fraction färbt sich auf Zusatz von Nitroprussidnatrium und Natronlauge roth, beim Uebersättigen mit Essigsäure violett, zeigt also die Acetonreaction. Es sind mithin ausser Alkohol auch Aldehyd und Aceton als Producte der Lebensthätigkeit des Vibrio Koch nachgewiesen.

Für die quantitative Bestimmung destillirte ich aus Dreiliter-Culturen je 1 l ab, rectificirte, ermittelte das specifische Gewicht mit Hilfe der Westphal'schen Waage und berechnete daraus den Alkoholgehalt.

Dauer des Versuchs	Menge des Destillats	Spec. Gewicht des Destillats bei 15°	Menge des gebildeten Alkohols
168 Stunden	310 ccm	0,9998	0,341 g
504 „	250 „	0,9977	3,075 „
888 „	245 „	0,9986	1,813 „

Man sieht aus der Tabelle, dass der Alkohol bis zu einer bestimmten Zeit zu-, dann wieder abnimmt.

Indessen können die gefundenen Werthe auf absolute Genauigkeit keinen Anspruch machen, denn einmal enthielten die Flüssigkeiten, deren specifisches Gewicht bestimmt wurde, ausser Alkohol noch andere flüchtige Substanzen, welche auch durch wiederholte Rectifikation nicht ganz zu entfernen waren, und zweitens waren sie nicht ganz klar, sondern leicht getrübt. Dazu kommt, dass sich während des langen Stehens der Kolben im warmen Wasserbad ein Theil des gebildeten Alkohols verflüchtigt. Um mich über die Grösse des auf diese Weise entstehenden Verlustes zu orientiren, habe ich einige Versuche mit je 3 l Wasser, denen verschiedene Mengen Alkohol zugefügt waren, angestellt.

Dauer des Versuches	Menge des Alkohols		Verlust an Alkohol	
	zugesetzt	wiedergefunden	in g	in %
168 Stunden	3,99 g	2,55 g	1,44	36,0
336 „	7,94 „	5,96 „	1,99	25,0

Der Verlust durch Verdunstung ist ein sehr erheblicher. Es erklärt sich auf diese Weise ohne weiteres die geringe Menge Alkohol, welche in dem Versuch von 888 Stunden Dauer gefunden wurde. Die Zersetzungsvorgänge waren in dieser alten Cultur offenbar abgeschlossen oder doch auf ein Minimum reducirt. Neuer Alkohol wurde also nicht mehr gebildet, der vorher entstandene hatte sich allmählich zum Theil verflüchtigt.

5. Gasförmige Producte, speciell Kohlensäure.

Folgender Versuch sollte mir Aufschluss darüber geben, ob sich unter den Zersetzungsproducten des Vibrio Koch in zuckerhaltigen Nährlösungen freie Kohlensäure befände.

Der für diesen Zweck dienende Culturkolben von etwa 250 ccm Inhalt war mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen.

In den Bohrungen befanden sich Glasröhren, von denen die eine bis auf den Boden des Kolbens reichte und mit einer

Kalilauge enthaltenden Waschflasche verbunden war. Die andere schnitt unterhalb des Stopfens ab und war an ein Chlorcalciumröhrchen angefügt, welches andererseits mit einem Liebig'schen Kaliapparat in Verbindung stand. An diesen letzteren schloss sich ein Röhrchen mit Aetzkali und an dieses schliesslich ein Chlorcalciumröhrchen an. Der ganze so zusammengesetzte Apparat kam nach erfolgter Infection der Culturflüssigkeit, welche 200 ccm betrug und die bekannte Zusammensetzung hatte, in den Brutschrank. Jeden Tag wurde einmal an dem Chlorcalciumröhrchen gesaugt, um die gebildete Kohlensäure aus der Culturflüssigkeit zu entfernen und in den Kaliapparat überzuführen. Nach acht Tagen unterbrach ich den Versuch. Kaliapparat und Aetzkaliröhrchen, deren Gewicht vor Beginn des Versuches festgestellt war, wurden wieder gewogen. Um die noch in der Culturflüssigkeit gelöste Kohlensäuremenge zu bestimmen, wurde der Kolben, an den die Waschflasche mit Kalilauge noch angefügt war, mit einer Pettenkofer'schen Barytröhre, welche titrirtes Barytwasser enthielt, verbunden. Zwischen Kolben und Barytröhre schaltete ich einen leeren Erlenmeyer'schen Kolben ein, die Barytröhre stand auf der anderen Seite in Verbindung mit einer Wasserstrahlpumpe. Nunmehr wurde die Culturflüssigkeit erhitzt, während gleichzeitig ein langsamer Luftstrom, der während des Durchtretens durch die Waschflasche von der Kohlensäure befreit wurde, durch die Flüssigkeit hindurchging.

Eine nach Beendigung des Erhitzens ausgeführte Titrirung gab Aufschluss über die Quantität der Kohlensäure, welche die Flüssigkeit noch enthalten hatte.

Ein unter denselben Verhältnissen ausgeführter Controlversuch ergab, dass aus der nicht inficirten Nährlösung keine nennenswerthe Menge Kohlensäure erhalten wurde.

Versuchsdauer	Menge des zersetzten Zuckers	Menge des erhalt. Calciumoxyd	Menge der gebildeten CO_2
192 Stunden	2,12 g	0,538 g	0,435 g

0,538 g CaO entsprechen 0,422 g CO_2, 0,422 g CO_2 müssen also, als aus dem zugefügten kohlensauren Kalk stammend, von der gefundenen Kohlensäuremenge in Abzug gebracht werden. Es bleiben als Rest 0,013 g CO_2, eine Quantität, welche fast als innerhalb der Fehlergrenze liegend angesehen werden kann. Bei der Zersetzung zuckerhaltigen Nährmaterials von Seiten des Vibrio Koch entsteht also keine, oder nur ganz wenig Kohlensäure.

6. Untersuchung der Zersetzungsproducte, welche auftreten, wenn der Traubenzucker in der Nährlösung durch andere Kohlehydrate ersetzt ist.

In den folgenden Versuchen wurde der Traubenzucker aus der Nährlösung fortgelassen und durch anderen Zucker ersetzt, und zwar verwandte ich Rohrzucker, Maltose, Milchzucker und Amylum. Das Volumen der Nährlösung betrug 1500 ccm.

Cultur mit Rohrzucker. Wachsthum gut; doch keine Häutchenbildung an der Oberfläche. Die Cultur bleibt 21 Tage im Wasserbad und wird alsdann gleich untersucht. Die Titration ergab 51,3 g Zucker. Die Menge des Zuckers war am Anfang 72,4 g; es sind also 21,1 g zersetzt worden.

Alkohol wurde nachgewiesen.

Bei Behandlung der Flüssigkeit mit Oxalsäure macht sich eine schwachrothe Farbe bemerkbar (Indolreaction). Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren (das Destillat betrug 1 l) brauchte man 102,4 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge.

Die Menge des Zinksalzes beträgt im Ganzen 4,77 g.

Die Lösung des Zinksalzes dreht rechts. 0,725 g Substanz bewirken eine Ablenkung von 0,84°, also $(\alpha) D = + 7,53$.

0,349 g Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,046 g Wasser. Das entspricht 13,18 % Krystallwasser.

0,428 g Substanz liefern beim Glühen 0,122 g ZnO. Das entspricht 28,50 % ZnO.

Cultur mit Maltose. Wachsthum ziemlich gut; keine Häutchenbildung an der Oberfläche. Die Cultur bleibt 21 Tage im Wasserbad und wird alsdann gleich untersucht. Die Titration ergibt im Ganzen 23,6 g Zucker. Zu Anfang waren 34,8 g Zucker vorhanden; es sind also demgemäss 11,2 g zersetzt worden.

Alkohol wurde nachgewiesen.

Beim Ansäuern mit Oxalsäure erhält man eine im Verhältnis zur vorigen bedeutend stärkere Indolreaction. Zum Neutralisiren der flüchtigen Säuren (bei 1 l Destillat) sind 90,7 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge erforderlich.

Die Menge des Zinksalzes beträgt 0,487 g.

Die Lösung des Salzes dreht rechts.

0,266 g Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,033 g H_2O. Das entspricht 12,40% Krystallwasser.

Dieselbe Quantität liefert beim Glühen 0,076 g ZnO. Das entspricht 28,60% ZnO.

Cultur mit Milchzucker. Wachsthum ziemlich gut. Die Cultur bleibt 22 Tage im Brütschrank und wird alsdann gleich untersucht. Die Titration ergab 62,4 g Zucker. Zu Anfang betrug die Quantität 69,8 g; es sind also im Ganzen 7,4 g zersetzt worden.

Von Alkohol oder richtiger Jodoform bildender Substanz wurden nur Spuren nachgewiesen.

Bei Ansäuern mit Oxalsäure findet eine starke Cholerarothreaction statt. Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren brauchte man 71,1 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge.

Die Operationen, welche man vornahm, um eine Krystallisation von milchsaurem Zink zu erzielen, verliefen resultatlos.

Die mit Blutkohle entfärbte Lösung erwies sich optisch inactiv.

Cultur mit Amylum. Wachsthum kümmerlich; doch kann man am Ende der Versuche Vibrionen in Reincultur erhalten. Die Cultur bleibt im Brütschrank 23 Tage. Das Amylum liegt noch zum grössten Theil ungelöst am Boden des Gefässes.

Eine Bestimmung der zersetzten Menge wird nicht ausgeführt.

Beim Ansäuern mit Oxalsäure findet keine Indolreation statt. Nur geringe Mengen flüchtiger Säuren gehen ins Destillat über. 7 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge genügen, um vollständige Neutralisation zu erhalten. (Das Destillat beträgt 710 ccm.)

Es ist nicht gelungen, Milchsäure als Zinksalz zu bekommen.

Zum Vergleich ist in die folgende Tabelle einer der bereits erwähnten Traubenzuckerversuche mit eingestellt. Da zu diesem Versuch 3 l Culturflüssigkeit dienten, sind die Werthe durch 2 dividirt; der Werth für flüchtige Säure musste weggelassen werden, da er sich nicht auf 1500 ccm reduciren liess.

Zuckerart	Dauer des Versuchs	Menge des zersetzten Zuckers	Menge des gebildeten milchs. Zink	Menge der gebild. flücht. Säure als H_2SO_4	Indolreact.
Traubenzuck.	504 Std.	27,25 g	6,54 g	—	0
Rohrzucker	504 „	21,1 „	4,77 „	0,5	schwach
Maltose	504 „	11,2 „	0,487 „	0,44	stärker
Milchzucker	528 „	7,4 „	0	0,35	stark
Amylum	552 „	—	0	—	0

Diese Resultate sind in mehrfacher Hinsicht von grossem Interesse. Sie zeigen, dass Traubenzucker am reichlichsten zersetzt wird und die grösste Menge Milchsäure liefert; es folgt Rohrzucker, dann Maltose und schliesslich Milchzucker, welcher wohl noch in geringer Menge zerstört wird, aber keine nachweisbare Milchsäure mehr entstehen lässt. Der Amylumversuch muss in dieser Betrachtung fortgelassen werden, da die Entwickelung der Vibrionen eine minimale war. Die Qualität der Milchsäure ist in allen Fällen dieselbe, nämlich Linksmilchsäure. Die flüchtige Säure tritt im Rohr-, Malz- und Milchzuckerversuch in annähernd gleicher Menge auf; sie scheint also in diesen Fällen nicht allein von der Zersetzung des Zuckers abzuhängen. Letztere steht in bestimmter Beziehung zu der Indolbildung; sie ist um so stärker, je weniger Zucker angegriffen wird. Bei reichlicher Zuckerzersetzung (Traubenzucker-Versuch) fehlt sie ganz. In Reagenzglaspepton-Milchzuckerculturen liess sich schon nach 7 Tagen reichlich Indol nachweisen. Es ist das eine weitere Bestätigung der zuerst von Hirschler[1]) im Laboratorium von Hoppe-Seyler gemachten Beobachtung, dass Kohlehydrate fäulnishemmend wirken.

Auch die Bildung der Gesammtsäure ist in Milchzucker-Peptonlösung eine viel geringere als in Traubenzucker-Peptonlösung. In 200 ccm der ersteren war in 7 Tagen 0,201 g CaO in Lösung gegangen, in 200 ccm der letzteren innerhalb derselben Zeit 0,673 g.

Dieses Ergebnis steht im besten Einklang mit der Angabe von Sclavo[2]); dieser Autor züchtete Choleravibrionen, welche der Pariser-, der Cochinchina-, Massaua- und Ghinda-Epidemie entstammten, einerseits in Milchzucker-, andererseits in Traubenzucker-Peptonlösungen, und fand übereinstimmend, dass die saure

1) Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. X, S. 306.

2) Di alcune differenze esistenti fra gli spirilli del colera etc. Ministero dell' Interno 1892.

Reaction in den ersteren Lösungen viel später nachzuweisen war als in der letzteren.

In Bezug auf das Verhalten des Vibrio Koch gegen Milch sind die Angaben in der Literatur wechselnd. Koch[1]) und Hüppe[2]) finden, dass die Milch ein guter Nährboden sei, auf dem es zu einer reichlichen Entwickelung der Vibrionen käme, dass aber eine Gerinnung nicht einträte; Netter[3]) u. A., in jüngster Zeit Haan und Huysse[4]) beobachteten regelmässig eine Coagulation.[5])

Dass die die Caseïnabscheidung bewirkende Säure Milchsäure sei, ist bis jetzt nicht bewiesen. Die Versuche von Haan und Huysse in dieser Richtung sind als vollständig verfehlte und unbrauchbare zu bezeichnen; auch die Angabe über die Quantität der gebildeten Säure muss Misstrauen erwecken; sie fanden, dass 10 ccm der coagulirten und filtrirten Milch im Durchschnitt 4,3 ccm Normal-Sodalösung zur Neutralisirung verbrauchten; eine solche Acidität entspricht einer 2,1% Schwefelsäure. Es ist kaum anzunehmen, dass die Choleravibrionen in einem Medium von diesem Säuregrad zu leben vermögen.

7. Untersuchung der Zersetzungsproducte, welche in zuckerhaltigen, aber eiweissfreien Nährlösungen auftreten.

Die Nährlösung, welche mir in den beschriebenen Versuchen diente, war zwar eine relativ einfache; sie enthielt aber Pepton, einen Körper von durchaus dunkler Zusammensetzung. Eine genauere Einsicht in die Beziehungen der Zerfallsproducte zu den Nährstoffen war aber nur zu erwarten, wenn die letzteren in Bezug auf ihre Constitution vollkommen bekannt sind.

1) Bericht über die Thätigkeit der zur Erforschung der Cholera im Jahre 1883 nach Aegypten und Indien entsendeten Commission. S. 163.

2) Berl. klin. Wochenschr. 1887, Nr. 9, S. 140.

3) La semaine médic., 1892, Nr. 37, p. 294

4) Centralbl. f. Bact. u. Parask., Bd. XV, S 268

5) Eine Erklärung dieser widersprechenden Angaben ergibt sich vielleicht aus den Beobachtungen von Hesse, Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskr., Bd. XVII, S 238.

Ich begrüsste es deshalb mit grosser Freude, als Uschinsky[1]) einen Nährboden angab, auf welchem die Choleravibrionen gut gedeihen, welcher sehr einfach zusammengesetzt ist und nur Stoffe enthält, deren chemische Natur vollkommen klar liegt. Leider fehlte mir die Zeit, um diese Lösung für meine Zwecke nach allen Seiten hin ausnutzen zu können; ich habe nur die beiden folgenden Versuche angestellt.

1. Versuch.

Die Zusammensetzung der Nährlösung, deren Volumen 1500 ccm betrug, entsprach den Angaben von Uschinsky; nur das milchsaure Ammoniak wurde natürlich weggelassen, von Zucker 78,8 und von Asparaginsäure 3 g zugesetzt.

Wachsthum anfangs sehr kümmerlich; erst nach 2 Tagen macht sich eine üppige Entwickelung bemerkbar, gleichzeitig beginnt die Gasbildung. Die Cultur wird nach 22 Tagen untersucht. Die Titration ergibt im Ganzen 40,68 g Glukose. Es sind also 33,12 zersetzt worden.

Alkohol wurde nachgewiesen.

Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren (1 l Destillat) waren 17,8 ccm Normalnatronlauge erforderlich.

Die Quantität des Zinksalzes betrug 8,74 g, abgelesene Drehung 0,72°, Substanz 0,622 g; also $(\alpha)D = + 7{,}52$.

0,538 g Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,068 g Wasser. Das entspricht 12,65% Krystallwasser.

0,397 g Substanz liefern beim Glühen 0,114 g ZnO. Das entspricht 28,71% ZnO.

2. Versuch.

Die Zusammensetzung der Lösung war in diesem Fall folgende:

Wasser	800 g
Glycerin	15 „
NaCl	2,5 „
Na_2CO_3	2,5 „
K_2HPO_4	1,0 „
Asparaginsäure	1,5 „
Traubenzucker	50 „
Calciumcarbonat	20 „

Wachsthum anfangs sehr kümmerlich; die Lösung zeigt nach 18 Stunden kaum eine Trübung. Nach 2 Tagen geht die Entwickelung sehr stark von statten, und zahlreiche Gasbläschen steigen an die Oberfläche. Diese so bedeutende Gasbildung dauert beinahe eine Woche. Die Cultur wird nach 19 Tagen untersucht. Die Titration ergibt im Ganzen 35,37 g Zucker. Es sind also 14,63 g zersetzt worden.

1) Centralbl. f. Bact. u. Parask., Bd. XIV, S. 316.

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

B. Untersuchung über die [illegible] andere [illegible] bilden.

[illegible]

250 ccm, sie enthielt 10 g Traubenzucker, 2 g Pepton, 5 g Calciumcarbonat; die Versuchsdauer währte 8 Tage, zur Gewinnung der flüchtigen Säure wurden 550 ccm abdestillirt.

Vibrionen	Menge d. zersetzt. Zuckers	Menge des erhaltenen CaO	Menge der flücht. Säure (H_2SO_4)	Verhältnis d. zersetzten Zuckers z. CaO	Verhältnis d. zers. Z. z. flüchtigen Säure
Koch . . .	1,60	0,516	0,086	1 : 0,32	1 : 0,054
Dunbar . .	2,32	0,549	0,086	1 : 0,24	1 : 0,037
Metschnikoff	2,43	0,562	0,09	1 : 0,23	1 : 0,037
Wernicke 1	1,81	0,403	0,095	1 : 0,22	1 : 0,052
Massaua .	1,99	0,578	0,068	1 : 0,29	1 : 0,034
Finkler-Prior	2,11	0,446	0,11	1 : 0,21	1 : 0,052

Es ergibt sich aus dieser Zusammenstellung, dass die Zersetzung in allen Fällen in ziemlich gleicher Weise verläuft. Kleine Unterschiede treten allerdings hervor; ob diese constante oder zufällige sind, ob sie etwa für die Differentialdiagnose zu verwerthen sind oder nicht, kann nur durch eine grössere Reihe von Versuchen festgestellt werden.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

anderer Seite mitgetheilten, soweit sie die obige Frage verneinen. Als ein weiteres Glied in der Kette des Beweises dafür, dass bisher eine künstliche Cholera-Immunität nicht erreicht ist, mögen dieselben auch heute noch nicht ohne Interesse sein.

Den eigentlichen Versuchen zur Erzeugung einer künstlichen Cholera-Immunität wird die Beschreibung der angewandten Methoden und einer Versuchsreihe über die Veränderung der Virulenz von Cholerabacterien bei wiederholtem Durchgehen des Thierkörpers ohne Züchtung auf todtem Material vorausgehen. Beide Versuchsreihen stehen insofern im Zusammenhang, als den Thieren der letztgenannten Reihe sehr häufig das Material zur Impfung oder Vorbehandlung der zu immunisirenden Thiere entnommen wurde. Am Schlusse findet sich eine Versuchsreihe, die in jeder Beziehung als Bestätigung der Klein-Sobernheim'schen Experimente anzusehen ist.

Die zur Anwendung gekommenen Nährböden, auf denen die Züchtung der Reinculturen vorgenommen wurde, waren immer in derselben Weise von derselben Person hergestellt, bei Controlversuchen wurden immer Nährböden derselben Provenienz verwendet. Unter Bouillon ist zu verstehen die gewöhnliche, leicht alkalische Fleischwasser-Pepton-Kochsalzlösung (letztere im Verhältnis von 1% bezw. 0,5%), hergestellt aus fettfreiem, klein gehacktem Rindfleisch, 500 g, und 1000 g Wasser; dreimal je ½ Stunde im strömenden Dampf sterilisirt. Unter Gelatine der aus dieser Lösung durch Zusatz von 10% Gelatine gewonnene, durch höheren Alkalizusatz (Sodalösung gesättigt) ebenfalls schwach alkalisch gemachte, ebenso dreimal sterilisirte feste Nährboden. Unter Agar das aus derselben Bouillon durch Zusatz von 1½% Agar-Agar, Alkalizusatz und ebenso vorgenommene Sterilisation erhaltene, in schräger Lage des Röhrchens erstarrte Nährsubstrat. Wo andere Mittel zur Züchtung verwendet sind, wird dies immer ausdrücklich angegeben.

Die angewendeten Culturen und sonstiges Impfmaterial (Körperflüssigkeiten) sind auf Reinheit in jedem Falle geprüft worden, meist mit Hilfe des Plattenverfahrens, zuweilen allerdings, wenn

die Zeit knapp war, nur im mikroskopischen Präparat. Im letzteren Falle wurde aber stets zur Controle ein Agar- oder Bouillonröhrchen, selten auch ein Gelatineröhrchen geimpft (erstere in den Brütschrank bei 37° C. gestellt) und am nächsten Tage mikroskopisch untersucht. Es ist so gelungen, eine Reihe von Thieren auszuschliessen, die im Folgenden nicht erwähnt sind, bei denen eine Impfung mit Reinculturen nicht stattgefunden hatte.

Die Choleracultur, welche in den nachfolgenden Versuchen mit wenigen angegebenen Ausnahmen ausschliesslich zur Anwendung kam, stammt von dem zweiten Fall, der im Herbst 1892 von Hamburg nach Berlin eingeschleppt wurde, der Frau Frohnert, der ersten Kranken, welche damals im Krankenhause Moabit an asiatischer Cholera starb. Die Cultur wurde gewonnen aus einer der Dejectionen des dritten Krankheitstages. Auf den Gelatineplatten, die 24 Stunden bei 22° C. gestanden hatten, fanden sich neben einer sehr grossen Anzahl typischer Choleracolonien einige wenige Colonien, die dunkelgelb aussahen, wetzsteinförmige Gestalt aufwiesen und im mikroskopischen Präparat Stäbchen zeigten, die die grösste Aehnlichkeit mit Bacterium coli commune hatten, soweit dieselben untersucht wurden. Anders geartete Colonien fanden sich zunächst auf den Platten nicht, später gesellten sich einige oberflächlich gelegene Colonien einiger Sarcinearten, verflüssigender, farbstoffbildender Diplococcen und Schimmelpilze hinzu.

Die Choleracolonien zeigten im Alter von 24 Stunden alle typischen Merkmale, unregelmässige Begrenzung, feinen, hellen Saum mit rosa Färbung, beginnende Glasbröckchenbildung im Inneren, beim Niederschrauben des Tubus einen starken, hellen Schein an der Stelle der Colonie. Auch im gefärbten, mikroskopischen Präparat wichen die Mikroorganismen dieser Colonien in nichts von der oft wiederholten Beschreibung der Koch'schen Commabacillen ab. Die deutlich gekrümmten Stäbchen lagen meist einzeln, selten zu zweien, wobei die typische S-Form in ausgezeichneter Weise zur Anschauung kam; längere Verbände wurden bei der Untersuchung dieser jungen Colonien nicht beobachtet. Dagegen zeigte sich bei der Untersuchung im hängen-

den Tropfen, dass die Bacterien keine Spur von Eigenbewegung hatten, dass sie alle ohne Ausnahme vollständig ruhig an ihrem Platze lagen, obgleich reichlich Raum für Herumschwirren vorhanden gewesen wäre. Auch als der Tropfen $^1/_2$ Stunde im Brütschrank bei 37° gehalten war und dann von Neuem untersucht wurde, zeigte sich nur eben eine Andeutung von Eigenbewegung bei einigen Individuen, eine sehr grosse Zahl lag auch jetzt ohne Ortsveränderung da, von einem tanzenden Mückenschwarm war jedenfalls nichts zu sehen. Diese geringe Eigenbewegung hielt etwa eine Viertelstunde an, dann war sie wieder völlig erloschen. Diese Eigenthümlichkeit hat die »Cultur Frohnert« lange Zeit bewahrt, noch heute müssen besondere Vorsichtsmaassregeln angewendet werden, wenn an Abkömmlingen derselben Eigenbewegung demonstrirt werden soll. Wie die eigenartige Trägheit dieser Cholerabacterien zu erklären ist, darüber vermag ich nichts zu sagen. Mit der Löffler'schen Methode der Geisselfärbung gelang es in allen Fällen leicht, die typische Geissel an einem Ende des Vibrio zur Anschauung zu bringen.

Nach 48 Stunden Wachsthum hatten die Colonien in der Gelatine zum Theil das typische Aussehen 48stündiger Choleracolonien, wie es oft genug abgebildet ist und wie es sich auch auf Gelatineplatten fand, die zum Vergleich zur selben Zeit mit alter, lange fortgezüchteter Laboratoriumscholera, wahrscheinlich aus Toulon vom Jahre 1885 herstammend, angefertigt waren. Zum anderen Theil aber stellten sich die Colonien, und zwar nicht weniger zahlreiche, anders dar. Der Nährboden war mehr in die Breite verflüssigt, als das für gewöhnlich bei so jungen Colonien der Fall zu sein pflegt; die Platten sahen aus, als wenn zweierlei verflüssigende Bacterienarten darauf zur Entwickelung gekommen wären, etwa so, wie es als typisch für den Vibrio Metschnikoff von R. Pfeiffer[1]) beschrieben ist: kleine, in die Tiefe dringende und breitere, grössere Colonien, die jedoch, wie sich mittels des Plattenverfahrens leicht erweisen liess, beides

1) R. Pfeiffer, Ueber den Vibrio Metschnikowi und sein Verhältnis zur Cholera asiat. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. VII, 1889, S. 357.

Choleracolonien waren; jede einzelne der verschiedenartigen Colonien brachte wieder beide Arten aus Kommabacillen bestehender Colonien, deren Bacterien sich auf allen künstlichen Nährböden und im Thierversuch als typisch erwiesen, hervor. Es ist also daraus zu schliessen, dass dieser — bisher als solcher geltende — Unterschied zwischen Vibrio Metschnikoff und Vibrio Cholerae asiaticae nicht immer vorhanden ist, also auch nicht gut als differenzielles Merkmal verwerthet werden kann.

Auch im Gelatinestich zeigten die ersten Generationen der Cultur Frohnert eine weit kräftigere Einwirkung auf den festen Nährboden, als man das gewöhnlich zu sehen bekommt. Von einem ausgezogenen Capillarröhrchen war niemals die Rede, die Verflüssigung ging auch hier alsbald in die Breite, so dass selbst die gewundenen Knäuel in der Mitte des Stiches sich nicht herausbilden konnten. Sehr oft hatte sich nach 3 bis 4 Tagen auf der Oberfläche der verflüssigten Gelatine bei Zimmertemperatur das bekannte dünne, perlgraue, leicht zerreissliche Häutchen gebildet, welches die Bouillonculturen bei Brüttemperatur so schnell entwickeln. Dagegen fand sich dieses Häutchen nicht bei den ersten beiden Generationen von Bouillonröhrchen, welche direkt von der Gelatineplatte, bezw. dem ersten Bouillonröhrchen geimpft waren, obgleich beide im Brütschrank bei richtiger Temperatur gehalten waren. Spätere Generationen, in dieselbe Bouillon übertragen, also in Röhrchen, die von demselben Liter des Nährbodens stammten, wie die ersten, haben dann stets in besonders schöner Weise die Häutchenbildung beobachten lassen.

Endlich möchte ich noch erwähnen, dass es niemals gelungen ist, diese Choleracultur auf nicht künstlich in ihrer Reaction veränderten Kartoffelstückchen zur Entwickelung zu bringen; auch nicht bei Brüttemperatur.

Diese geringen Abweichungen sollen nicht etwa irgend Jemandem Veranlassung geben, an der Constanz der biologischen Eigenschaften der Cholerabacterien zu zweifeln; es sei ausdrücklich bemerkt, dass in manchen anderen Fällen von Cholera asiatica Reinculturen gewonnen wurden, die in gar keinem Punkte von der ersten Beschreibung vom Kommabacillus, die wir

besitzen, abweichen; in wieder anderen auch Abweichungen sich nachweisen liessen, die nach ganz anderen Richtungen gehen, als die oben beschriebenen. Es wird natürlich keinem naturwissenschaftlich Denkenden einfallen, daraus den Schluss zu ziehen, dass es sich bei den Wachsthumseigenthümlichkeiten der Koch-schen Vibrionen um Zufälligkeiten handele, dass dieselben also zur Diagnosenstellung nicht zu verwerthen seien. Solche geringen Unterschiede werden sich immer finden, aber selbst schwerer wiegende Differenzen, wie sie zum Theil schon beschrieben sind, die Verschiedenheiten der Virulenz, der Gestalt, der chemischen Umsetzungen, sofern sie sich jede für sich allein finden, während alle übrigen Eigenschaften in typischer Weise vorhanden sind, werden uns nicht hindern, den in nur einem solchen Punkte abnorm sich verhaltenden Organismus als Cholerabacillus zu klassificiren.

Abgesehen von den oben mitgetheilten Differenzen geringer Art verhielt sich die Cultur Frohnert in jeder Beziehung gleich der zur Vergleichung herangezogenen Choleracultur, was das Wachsthum auf den gebräuchlicheren Nährboden, ferner auf Milch, verdünnter Bouillon und Peptonwasser, und was die chemischen Umsetzungen betraf. Die Nitrosoindolreaction konnte in 1% Peptonwasser, dem 0,5% NaCl zugesetzt war, schon von der neunten Stunde nach Einsetzen in den Brütschrank an nachgewiesen werden.

Es ist nun zunächst von Wichtigkeit, die Versuche mitzutheilen, welche mit dieser Cultur angestellt wurden, um den Grad ihrer Virulenz festzustellen. Feldmäuse und weisse Mäuse, die Mengen bis zu 1,0 ccm 24stündiger Bouilloncultur I. Generation, bei 37° C. gezüchtet, in die Bauchhöhle injicirt erhielten, waren nach der Einspritzung 24 Stunden lang krank, hatten sich aber dann wieder völlig erholt und zeigten auch später niemals Krankheitserscheinungen. Höhere Dosen einzuspritzen, dürfte sich wegen der Komplicationen, die sich aus dem im Verhältnis zur Grösse der Thiere zu grossen Flüssigkeitsvolumen ergeben, von selbst verbieten. Auch bei einer weissen und einer bunten Ratte war der Erfolg negativ, obgleich jede 2,5 ccm derselben Cultur intraperitoneal erhielt. Die Thiere sassen 2 bezw. 3½ Tage im

Alkoholdestillation musste unterbleiben.

Zur Neutralisirung der flüchtigen Säuren (1 l Destillat) waren 9,7 ccm Normalnatronlauge erforderlich.

Die Quantität des Zinksalzes betrug 4,25 g, abgelesene Drehung 1,10°, Substanz 0,955 g; also $(\alpha)D = + 7,48$.

0,474 g Substanz verlieren bei 110° bis zum constanten Gewicht getrocknet 0,059 g Wasser. Das entspricht 12,44% Krystallwasser.

Dieselbe Quantität liefert beim Glühen 0,136 g ZnO. Das entspricht 28,69% ZnO.

Folgende Tabelle zeigt die erhaltenen Resultate übersichtlich.

	Dauer des Versuchs	Menge d. zersetzt. Zuckers	Menge d. gebild. milchs. Zink	Menge d. gebild. flücht. S. (H_2SO_4)	Verhältn. d. zersetzten Zuckers zum milchs. Zink	Verhältn. d. zersetzten Zuckers zur flücht. S.
1. Vers.	528 Std.	33,12 g	8,74 g	0,87 g	1 : 0,26	1 : 0,026
2. „	456 „	14,63 „	4,25 „	0,47 „	1 : 0,29	1 : 0,032

Unter einander lassen sich beide Versuche nicht vergleichen, da weder Zusammensetzung noch Versuchsdauer noch Menge der Culturflüssigkeit übereinstimmen. Die Energie der Zersetzung ist ungefähr die gleiche, wie sie bei Anwesenheit von Pepton beobachtet wurde; auch die Verhältnisse der Menge des zersetzten Zuckers einerseits zur Menge der gebildeten Milchsäure, andererseits zur Menge der gebildeten flüchtigen Säure stimmen annähernd mit den bei den früheren Versuchen gemachten Beobachtungen überein. Die Milchsäure ist auch hier wieder die links drehende Modification.

8. Untersuchung über die Zersetzungsproducte, welche andere Vibrionen in zuckerhaltigen Nährlösungen bilden.

Nach Kuprianow's und meinen Untersuchungen bilden die Vibrionen Koch, Finkler-Prior, Dunbar, Massaua, Metschnikoff, Wernicke 1 Links-Milchsäure. In der Hoffnung, dass sie sich vielleicht in der Energie der Zersetzung oder in Bezug auf die Quantität der von ihnen gebildeten Säure unterscheiden möchten, habe ich eine Reihe vergleichender Untersuchungen mit den genannten Mikroorganismen angestellt. Die Nährlösung betrug

250 ccm, sie enthielt 10 g Traubenzucker, 2 g Pepton, 5 g Calciumcarbonat; die Versuchsdauer währte 8 Tage, zur Gewinnung der flüchtigen Säure wurden 550 ccm abdestillirt.

Vibrionen	Menge d. zersetzt. Zuckers	Menge des erhaltenen CaO	Menge der flücht. Säure (H_2SO_4)	Verhältnis d. zersetzten Zuckers z. CaO	Verhältnis d. zers. Z. z. flüchtigen Säure
Koch . . .	1,60	0,516	0,086	1 : 0,32	1 : 0,054
Dunbar . .	2,32	0,549	0,086	1 : 0,24	1 : 0,037
Metschnikoff	2,43	0,562	0,09	1 : 0,23	1 : 0,037
Wernicke 1	1,81	0,403	0,095	1 : 0,22	1 : 0,052
Massaua .	1,99	0,578	0,068	1 : 0,29	1 : 0,034
Finkler-Prior	2,11	0,446	0,11	1 : 0,21	1 : 0,052

Es ergibt sich aus dieser Zusammenstellung, dass die Zersetzung in allen Fällen in ziemlich gleicher Weise verläuft. Kleine Unterschiede treten allerdings hervor; ob diese constante oder zufällige sind, ob sie etwa für die Differentialdiagnose zu verwerthen sind oder nicht, kann nur durch eine grössere Reihe von Versuchen festgestellt werden.

Untersuchungen über intraperitoneale Cholerainfection und Choleraimmunität.

Von

Stabsarzt Dr. **Bonhoff.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

(Mit 2 Tafeln.)

Nach den ausserordentlichen und hervorragenden Erfolgen, welche die Versuche Behring's über die Immunität gegen Diphtherie und Tetanus gezeitigt hatten, war es nur natürlich, dass die Mehrzahl der experimentell arbeitenden Bacteriologen sich mit der Frage nach gleichen Ergebnissen bei anderen Infectionskrankheiten beschäftigte, und dass vor Allem der damals sich Europa nahende Schrecken, die asiatische Cholera, vielen Forschern ein willkommener Gegenstand zu Untersuchungen wurde, die man in derselben Richtung wie die bedeutungsvollen Arbeiten Behring's, anstellte. Seitdem sind Jahre vergangen, und die Ergebnisse der meisten oder aller Autoren sind veröffentlicht und zeigen mit wenigen Ausnahmen, dass die Hoffnungen, welche man an jene Arbeiten knüpfte, sich nicht erfüllt haben. Im Folgenden sollen die Untersuchungen mitgetheilt werden, welche im hygienischen Institut Berlin in der Frage nach einer künstlichen Erzeugung eines Immunität gegen Cholera verleihenden Körpers, in der Zeit vom Sommer 1892 bis Frühjahr 1894, angestellt worden sind. Wie gleich bemerkt sein mag, decken sich die Ergebnisse völlig mit den bisher von

anderer Seite mitgetheilten, soweit sie die obige Frage verneinen. Als ein weiteres Glied in der Kette des Beweises dafür, dass bisher eine künstliche Cholera-Immunität nicht erreicht ist, mögen dieselben auch heute noch nicht ohne Interesse sein.

Den eigentlichen Versuchen zur Erzeugung einer künstlichen Cholera-Immunität wird die Beschreibung der angewandten Methoden und einer Versuchsreihe über die Veränderung der Virulenz von Cholerabacterien bei wiederholtem Durchgehen des Thierkörpers ohne Züchtung auf todtem Material vorausgehen. Beide Versuchsreihen stehen insofern im Zusammenhang, als den Thieren der letztgenannten Reihe sehr häufig das Material zur Impfung oder Vorbehandlung der zu immunisirenden Thiere entnommen wurde. Am Schlusse findet sich eine Versuchsreihe, die in jeder Beziehung als Bestätigung der Klein-Sobernheim'schen Experimente anzusehen ist.

Die zur Anwendung gekommenen Nährböden, auf denen die Züchtung der Reinculturen vorgenommen wurde, waren immer in derselben Weise von derselben Person hergestellt, bei Controlversuchen wurden immer Nährböden derselben Provenienz verwendet. Unter Bouillon ist zu verstehen die gewöhnliche, leicht alkalische Fleischwasser-Pepton-Kochsalzlösung (letztere im Verhältnis von 1% bezw. 0,5%), hergestellt aus fettfreiem, klein gehacktem Rindfleisch, 500 g, und 1000 g Wasser; dreimal je $\frac{1}{2}$ Stunde im strömenden Dampf sterilisirt. Unter Gelatine der aus dieser Lösung durch Zusatz von 10% Gelatine gewonnene, durch höheren Alkalizusatz (Sodalösung gesättigt) ebenfalls schwach alkalisch gemachte, ebenso dreimal sterilisirte feste Nährboden. Unter Agar das aus derselben Bouillon durch Zusatz von $1\frac{1}{2}$% Agar-Agar, Alkalizusatz und ebenso vorgenommene Sterilisation erhaltene, in schräger Lage des Röhrchens erstarrte Nährsubstrat. Wo andere Mittel zur Züchtung verwendet sind, wird dies immer ausdrücklich angegeben.

Die angewendeten Culturen und sonstiges Impfmaterial (Körperflüssigkeiten) sind auf Reinheit in jedem Falle geprüft worden, meist mit Hilfe des Plattenverfahrens, zuweilen allerdings, wenn

kaum eine geringe Steigerung der Temperatur in den nächsten Stunden hervorzurufen vermochte.

Am nächsten Morgen war freilich bei allen drei Thieren die Temperatur niedriger als am Impftage vor der Impfung, und es ist sehr wohl möglich, dass in der Nacht eine geringe Herabsetzung der Eigenwärme vorhanden gewesen ist, auch unter die am nächsten Morgen beobachtete Temperatur. Dass dieselbe nur eine geringe gewesen sein kann, möchte ich daraus schliessen, dass diese Thiere alle eine ganz geringe Gewichtsabnahme, im höchsten Falle 11 g, aufwiesen, die ausserdem schon am zweiten Tage nach der Impfung wieder ausgeglichen war, während das Krankheitsbild bei stärker vergifteten Thieren in der Regel zwei bemerkenswerthe Momente aufweist: die Temperaturherabsetzung nach oder ohne vorhergehende Steigerung der Eigenwärme und eine langdauernde Gewichtsabnahme. Die Thiere, welche eine ausgeprägte Temperaturerniedigung überstehen, zeigen fast immer am nächsten Tage ein Gewichtsminus von 30—40 g, verlieren in den nächsten Tagen noch weiter rapide an Gewicht, so dass sie bis zum 4. oder 5. Tage 60—120 g an Gewicht abgenommen haben, und fangen nun erst, also vom 5. oder 6. Tage ab, wieder an zuzunehmen, um langsam, bis zum 10.—14. Tage nach der Impfung ungefähr, ihre ursprüngliche Schwere wiederzugewinnen oder zu überschreiten. Irgend welche sonstige Krankheitserscheinungen sind von dem Augenblick der Erreichung normaler Temperatur bei solchen stark aber nicht tödtlich vergifteten Thieren nicht mehr zu bemerken, dieselben sind wieder ganz munter, fresslustig und beherrschen ihr Muskelsystem wieder in ausgezeichneter Weise. Die oben angegebenen Gewichtsschwankungen werden sich natürlich je nach der Dosis der eingespritzten Cultur, nach dem Körpergewicht der Thiere und anderen Factoren verschieden verhalten, höher oder niedriger sein, längere oder kürzere Zeit dauern. Das geschilderte Verhalten ist der Typus für diejenigen Fälle, in denen nahezu tödtliche Dosen eine starke Herabsetzung der Eigenwärme, bis zu 33° und noch darunter, bewirkt haben, und wo auch die Temperatur erst allmählich, im Laufe des 2. ja

3. Tages zur Norm zurückkehrte. Beispiele für diesen Typus finden sich in den nachfolgenden Protokollen zahlreich; besonders hinweisen will ich aus der grossen Tabelle im nachfolgenden zweiten Abschnitt, über Versuche zur Steigerung der Immunität, auf die Thiere Nr. 3 und 5 (Impfung vom 18. XI. 92), Nr. 30 (Impfung vom 6. XII. 92), Nr. 46 (18. I. 93), Nr. 48 (2. II. 93), bei denen die allmähliche Restitution der normalen Eigenwärme im Laufe des zweiten Tages und der Gewichtsverlust besonders deutlich erkennbar sind.

Zugleich mit diesen schon abgeschwächten Bouillonculturen wurden nun Agarculturen der Cholera »Frohnert«, die 20 Stunden bei 37,5° C. im Brütschrank gestanden hatten und von demselben Röhrchen wie diese Bouillonculturen abgeimpft waren, auf ihre Giftigkeit geprüft. Die Art der Auflösung und Einverleibung des Bacterienmaterials ist oben schon angegeben. Zum Vergleich der nachstehend angegebenen Maass- und Gewichtsbestimmungen mit denen anderer Autoren sei kurz bemerkt, dass die angewendete Oese mit 1⅓ mg Material etwa drei Viertheilen der von R. Pfeiffer in seinen letzten Publikationen[1]) angegebenen Einheit entsprach.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	480 g	1,5 mg . . .	38,5	38,0	37,2	36,8	—	35,0	34,0
		Am 2. Tag todt gefunden. Gewichtsabnahme 40 g.							
2	425 g	0,75 mg . . .	38,4	38,7	38,9	39,1	—	38,4	38,5
3	390 „	0,375 mg . .	38,4	38,4	38,8	38,9	—	38,6	38,4

Die Giftigkeit war also nicht unbedeutend. Indess aus der langen Verzögerung des Todes bei dem ersten Versuchsthiere kann man den Schluss ziehen, dass die Dosis gerade eben noch ausgereicht hat, den letalen Effect herbeizuführen. Auch hier sieht man, wie bei den Bouillonculturen die weit unter den tödtlichen liegenden Dosen eine Steigerung der Temperatur erregen.

1) R. Pfeiffer und Issaeff, Ueber die specifische Bedeutung der Choleraimmunität. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XVII, S. 355 ff.

Wenn man aus dieser Thatsache der Abschwächung der Bouillonculturen und der Feststellung von $1\frac{1}{2}$ mg Agarcultur als tödtlicher Minimaldosis den Schluss ziehen wollte, dass die Agarculturen I. oder II. Generation in weit kleineren Dosen als eine Oese den Tod herbeigeführt haben würden, dass etwa damals $\frac{1}{5}$ Oese oder 0,3 mg Agarcultur zur Herbeiführung des Todes genügt hätten, so dürfte dieser Schluss als voreilig bezeichnet werden. Es wird sich noch weiter unten Gelegenheit finden, darauf zurückzukommen; doch sei es schon hier hervorgehoben, dass die Virulenz gerade bei den Agar- und Bouillonculturen von Cholerabacterien ganz ausserordentlichen, plötzlich ohne irgend welche erkennbare Ursache auftretenden Schwankungen unterworfen ist — ein Punkt, der ja auch bei der Steigerung der Immunität der Versuchsthiere gegen die intraperitoneale Infection von der allergrössten Wichtigkeit ist und, wie sich noch zeigen wird, die allergrössten Schwierigkeiten bereitet — es sei hervorgehoben, dass von demselben Agarröhrchen abgeimpfte, unter ganz den gleichen Bedingungen, soweit das möglich und erkennbar ist, gehaltene, ganz dem gleichen Nährboden derselben Provenienz übertragene Agarröhrchen bezw. Bouillonröhrchen unter sich die ausserordentlichsten Verschiedenheiten ihrer Virulenz in ihrer Wirkung auf Versuchsthiere aufweisen. Es können die neuen Röhrchen annähernd die gleiche Giftigkeit wie das Mutterröhrchen zeigen, es kann aber auch vorkommen, dass einzelne derselben einen deutlich geringeren, andere einen weit erheblicheren Einfluss auf die Versuchsthiere ausüben, und es ist deshalb unbedingt nothwendig, in Bezug auf die Beurtheilung der Virulenz bei Choleraculturen recht vorsichtig zu sein, ja womöglich niemals ein Röhrchen in dieser Beziehung nach den geprüften Eigenschaften eines anderen Röhrchens derselben Herkunft und genau derselben Behandlung zu beurtheilen. Aus den angegebenen Gründen halte ich es auch für unmöglich, irgend einen zutreffenden Schluss auf die etwaige Virulenz der ersten Generationen der Cholera Frohnert auf Agar-Agar aus der Thatsache zu ziehen, dass die Bouillon-

culturen, von denen die geprüften Agarröhrchen stammten, um etwa das Fünffache gegen die zuerst geprüften Bouillonculturen abgeschwächt waren.

Es ist bekannt — Gruber und Wiener haben es in ihrer schönen Arbeit über Cholerabacterien zuerst besonders hervorgehoben[1] —, dass die älteren Agar- und wohl auch sonstigen Culturen der Kommabacillen in ganz auffallender Weise weniger virulent sind als ganz frische Culturen. Die oben genannten Autoren haben gezeigt, dass bei diesen Verhältnissen schon wenige Stunden ausschlaggebend sein können. Es sei hier kurz ein Versuch berichtet, der die Angaben von Gruber und Wiener auch für die Cultur Frohnert bestätigt. Dasselbe Agarröhrchen, von dem die letzterwähnten Meerschweinchen geimpft waren, wurde sofort nach der Herausnahme des Bacterienmaterials, die möglichst schnell vorgenommen wurde, ohne wesentlich erkaltet zu sein, wieder in den auf 35,5° C. eingestellten Brutschrank zurückgebracht und am nächsten Morgen von neuem geprüft.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	430 g	1,5 mg 2täg. Ag.C.	38,6	39,4	39,4	39,5	38,9	38,5	38,5
2	435 „	2,25 „ „ „	38,4	39,2	39,3	39,6	39,3	38,7	38,5

Also selbst mit einer weit höheren Dosis, als am Tage vorher für ein Meerschweinchen von gleichem Gewicht tödtlich war, lässt sich nicht einmal eine Herabsetzung der Temperatur erzielen.

Bei Bouillonculturen war es — in einem darauf hin geprüften Falle — nicht möglich, eine wesentliche Herabsetzung der Virulenz nachzuweisen, ja man könnte sogar aus diesem einen Falle eine Erhöhung der Virulenz bei älteren Bouillonculturen herauslesen.

---

1) Gruber und Wiener, Cholerastudien I. Archiv f. Hyg., Bd. XV, S. 242 ff.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	736 g	5,0 ccm 8 Tage alter Ch. B. C.	38,4	37,9	37,7	37,2	36,8	†	

Schon Abends um 10 Uhr wurde das Thier todt gefunden. Die Bouilloncultur stammt aus demselben Erlenmeyer'schen Kölbchen mit Cholera Frohnert II. Generation, aus welchem auch die ersterwähnten Thiere geimpft worden sind. Die tödtliche Minimaldosis betrug damals 3,0 ccm. Das damals mit 5,0 ccm geimpfte Thier war aber noch warm, als es am nächsten Tage todt gefunden wurde, konnte also noch nicht lange gestorben sein, während dies ausserdem weit schwerere Thier schon 10 Stunden nach der Impfung erlegen war.

Auch für Kaninchen wurde die Virulenz der Cultur geprüft. Zuerst wurden Kaninchen 24stündige Bouillonculturen, bis 37° C. gezüchtet, bis zu 10 ccm auf einmal in die Bauchhöhle gebracht, ohne dass die Thiere auch nur die geringsten Krankheitserscheinungen, geschweige denn Veränderung der Eigenwärme gezeigt hätten. Erst als grössere Mengen von Agarculturen, 24stündig und bei 37,8° C. gewachsen, eingespritzt wurden, zeigte sich eine deutliche, schliesslich auch tödtliche Wirkung.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	1685 g	3 Ch. Ag. C.	39,2	37,5	38,8	39,0	39,1	39,3	39,3
2	1655 „	5 „ „	39,4	38,9	38,1	35,9	†		
3	1790 „	5 „ „	39,2	38,6	37,3	37,0	—	†	

Diese Agarculturen waren ebenfalls von der bereits abgeschwächten Bouilloncultur aus angelegt; man sieht, dass ganz enorme Dosen nothwendig waren, um die Kaninchen zu tödten. Versuche mit intravenöser Injection des Materials bei Kaninchen sind nicht angestellt worden.

In Bezug auf die Krankheitserscheinungen und Leichenbefunde muss ich viel Allbekanntes und oft Beschriebenes wiederholen, wenn ich eine nähere Schilderung geben soll. Ausser dem

Abfall der Temperatur zeigten die Thiere in übereinstimmender Weise nach einigen Stunden auffallende Mattigkeit, sie sassen zusammengekauert mit gesträubten Haaren, waren schliesslich an den hinteren Extremitäten gelähmt, legten sich auf die Seite und starben dann sehr bald. Bei der Section zeigte sich selten ein Oedem an der Impfstelle, kaum dieselbe überschreitend, immer eine kolossale Injection sämmtlicher Blutgefässe. Die äusseren Drüsen waren nicht geschwollen, an der Bauchmuskulatur fielen zahlreiche Hämorrhagien in's Auge. Beim Oeffnen der Bauchhöhle zeigte sich eine verschiedenartig gefärbte und zusammengesetzte von Cholerabacterien wimmelnde Flüssigkeit überall zwischen den Darmschlingen und besonders in den abhängigen Theilen der Bauchhöhle in Mengen von 0,6—1,0 ccm und darüber. Der Blut- und Zellengehalt der Flüssigkeit, der ohne erkennbare Ursache ganz unregelmässig wechselte, bedingte die obigen Verschiedenheiten. An dem parietalen und visceralen Blatt des Peritoneums, in den Magen- und Darmwandungen waren ebenfalls die stark erweiterten Gefässe prall mit Blut gefüllt. Im muskulösen Theil des Zwerchfells fanden sich stets besonders deutliche Hämorrhagien. Der Rand von Leber und Milz, zuweilen die ganze Oberfläche beider Organe war überzogen mit einem verschieden dicken, weissgelblichen Belag, der sich leicht abziehen liess und neben Fibrin kolossale Massen von gekrümmten Stäbchen enthielt. Die letzteren waren aus Belag und aus der Flüssigkeit entschieden im gefärbten Präparat wesentlich kleiner, kürzer und schmäler, auch nicht so deutlich gekrümmt als von den künstlichen Nährböden. Das Netz war stets besonders stark injizirt und lag meist als rother Wulst an der grossen Kurvatur des Magens. Die Därme waren — nicht immer — etwas aufgetrieben und mit einer weissgelblichen Flüssigkeit gefüllt, in der sich Cholerabacterien nur sehr selten nachweisen liessen. An den Nieren war nichts besonderes, die Harnblase immer stark gefüllt. In den Pleurasäcken war immer eine klare seröse, zuweilen blutige Flüssigkeit bis zu 1,0 ccm und mehr. Das Perikard war ebenfalls immer von dem Herzen abgehoben, und der Zwischenraum mit völlig klarem

Serum erfüllt. Beide Flüssigkeiten, pleuritische und perikardiale, enthalten immer wechselnde Mengen von Cholerabacterien. Auf diesen Bacteriengehalt wird später noch ausführlicher zurückzukommen sein. Die Lungenoberfläche war fleckig, dunkelrothe Stellen wechselten mit helleren ab, Lungen und Herz waren ebenfalls stark mit Blut gefüllt. Auch von Veränderungen der inneren Drüsen war nichts zu bemerken.

I. Ueber die Virulenzveränderungen des Choleravibrio.

Durch eine Reihe von Untersuchungen wissen wir, dass die verschiedensten pathogenen Bacterienarten, empfänglichen Thieren in verschiedenen Generationen kurz hintereinander einverleibt, derart, dass die bacterienhaltigen Körpersäfte des gestorbenen Thieres sofort ohne Vermittelung künstlicher Nährböden anderen Thieren injizirt werden, an Virulenz für die gewählte Thierspecies oder auch für andere Thiere ganz ausserordentlich zunehmen. Für die Cholerabacterien ist der Beweis für diese Thatsache in besonders schöner Weise von Gruber und Wiener[1]) erbracht worden. Die Befunde, welche wir in dieser Frage erhalten haben, stimmen nicht ganz mit den bisher veröffentlichten überein. Vor der Mittheilung derselben sei es gestattet, kurz das angewandte Verfahren zu schildern. Die Impfung wurde immer in der schon angegebenen Weise intraperitoneal vorgenommen; das Impfmaterial sofort nach Oeffnung der Bauchhöhle mit frisch sterilisirter Spritze aus dem sich stets findenden peritonealen Exsudat entnommen — wo andere Säfte verwandt wurden, ist dies besonders angegeben — und neuen Thieren in die Bauchhöhle gespritzt. Die eingegangenen Thiere hatten verschieden lange Zeit, jedenfalls nicht über 12 Stunden nach ihrem Tode, gelegen. Die Zeit hierfür bemisst sich verschieden je nach der Stunde der Nacht, in welcher der Tod der Thiere eingetreten war. Letztere lässt sich naturgemäss nicht mit Genauigkeit feststellen. Bei den Thieren, welche Nachts eingegangen waren, wurde am anderen Morgen

1) Gruber und Wiener, Cholerastudien I. Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 242 ff.

durch Legen auf Eis bis zur Zeit der Section ein Hintanhalten von intensiven Fäulnisprocessen erstrebt. Einige Thiere konnten auch sofort nach dem am Tage nach der Impfung erst erfolgten Tode geöffnet, und die Entnahme des Materials vorgenommen werden. Irgendwelche Unterschiede zwischen diesen letzteren und den ersterwähnten Versuchsthieren in Bezug auf die Virulenz des bacterienhaltigen Peritonealexsudats konnten nicht festgestellt werden. Wie es mit dem Gehalt an Bacterien aussah, wird später erwähnt werden.

Bevor ich zur Beschreibung einer längeren Kette von Versuchsthieren übergehe, erscheint es nicht unnöthig besonders zu betonen, dass es durchaus nicht immer gelingt, solche längere Versuchsreihen zu erhalten. Die Reihe reisst häufig schon im Anfang ab, indem Thiere auf kleinere oder ganz enorme Mengen reichlich bacterienhaltigen Materials (Bauchhöhlenflüssigkeit) nicht mehr eingehen, ja kaum mit einer geringen Temperaturerniedrigung antworten und am nächsten Tage völlig munter sind. Folgende Experimente mögen das Gesagte erläutern:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	520 g	1/4 Ch. Ag. C. 24 Std. alt i. p.	38,0	38,2	37,6	36,2	35,8	†	
2	280 „	0,5 ccm Bauchhöhlenfl. v. Nr. 1	37,9	37,6	37,0	36,0	35,4	†	
3	250 „	0,25 ccm B. Fl. von Nr. 2	37,8	38,2	37,4	36,8	36,3	†	
4	264 „	0,5 ccm B. Fl. von Nr. 2	38,0	38,3	37,8	37,6	37,8	38,1	
5	280 „	0,5 ccm B. Fl. von Nr. 3	38,0	38,2	37,9	38,0	38,1	38,0	

Thier Nr. 4 bleibt am Leben, ohne irgend bemerkenswerthe Temperaturherabsetzung zu zeigen, während Nr. 3 auf die halbe Dosis innerhalb der Nacht stirbt. Aber auch dies Thier zeigt schon eine geringe Temperaturerniedrigung und das nächste von ihm mit Bauchhöhlenexsudat geimpfte Thier Nr. 5 bleibt trotz der

grossen Dosis von 0,5 ccm am Leben, womit die Reihe ihren Abschluss erreicht. Zuweilen tritt das Ende schon früher ein.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	380 g	1/4 Ch. Ag. C. 24 Std. alt i. p.	38,2	38,4	37,4	36,7	35,8	†	
2	300 „	0,5 ccm B. Fl. von Nr. 1	38,0	38,2	37,9	37,4	36,8	†	
3	280 „	0,5 ccm B. Fl. von Nr. 2	38,0	38,0	38,1	37,9	38,3	38,0	
4	290 „	0,4 ccm B. Fl. von Nr. 2	37,9	37,8	37,9	37,4	37,6	38,0	

Beide Thiere bleiben dauernd gesund. Noch ein Beispiel:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	350 g	1/4 Ch. Ag. C. 24 Std. alt i. p.	38,2	38,3	37,6	36,3	35,9	†	
2	260 „	0,6 ccm B. Fl. von Nr. 1	37,8	38,0	37,9	37,6	38,0	37,9	
3	270 „	0,5 ccm B. Fl. von Nr. 1	38,0	38,0	37,9	37,7	37,8	37,8	
4	275 „	0,4 ccm B. Fl. von Nr. 1	37,8	38,1	38,2	37,4	37,6	37,9	

Hier gelang es also überhaupt nicht, mit dem intraperitonealen Exsudat andere Thiere zu tödten oder überhaupt einen merklichen Einfluss auf sie auszuüben. Da diese Versuche mit derselben Choleracultur Frohnert ausgeführt sind, nachdem dieselbe sehr abgeschwächt war, die gleich zu beschreibende lange Reihe aber bald nach Gewinnung derselben aus dem Stuhl der Erkrankten, so könnte man vielleicht diesem Umstande einige Bedeutung für den Ausfall der Kettenlänge beimessen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass auch noch andere bisher völlig unbekannte Faktoren dabei mitwirken.

Es soll nun eine lange Kette von Versuchsthieren beschrieben werden, in deren Verlauf Eigenthümlichkeiten beobachtet wurden, die nicht ohne Interesse sein dürften.

Am 19. XI. 1892 wurde mit dem Versuche der Virulenzsteigerung bei der Cholera Frohnert begonnen. Von einem 550 g schweren Meerschweinchen, das intraperitoneal am 18. XI. mit 3,0 ccm 24stündiger, bei 37° C. gewachsener Cholerabouilloncultur 12. Generation, denen zwei Oesen 24stündiger Agarcultur derselben Herkunft beigemischt waren, geimpft war, und das nach dem typischen Temperaturabfall am Nachmittage des Impftages am nächsten Morgen 7 Uhr todt, aber noch nicht erkaltet, aufgefunden war, werden Theile der sehr reichlich vorhandenen Bauchhöhlenflüssigkeit entnommen, auf Reinheit geprüft und dann neuen Meerschweinchen in verschiedenen Mengen um 12 Uhr Mittags eingespritzt (B.Fl. bedeutet Bauchhöhlenflüssigkeit).

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
1	313 g	1,0 ccm B. Fl. von M. v. 18. 11	38,5	38,4	37,6	37,3	—	† kalt	
2	310 „	0,5 ccm B. Fl. von M. v. 18. 11	38,4	38,3	38,0	37,6	—	† kalt	
3	320 „	0,1 ccm B. Fl. von M. v. 18. 11	38,4	38,4	38,2	37,9	—	37,4 bleibt	37,9 leben

Es folgen, immer mit dem Bauchhöhlenexsudat eines der am selben Tage todt gefundenen Thiere intraperitoneal geimpft:

Am 20. XI.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
4	312 g	0,5 ccm B. Fl. von M. 1	38,3	38,0	37,6	36,3	—	† kalt	
5	251 „	0,4 ccm B. Fl. von M. 1	38,4	38,1	37,2	36,0	—	† kalt	

Am 21. XI.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
6	219 g	0,5 ccm v. M. 5	38,7	38,2	37,9	37,7	36,9	† kalt	
7	218 „	0,3 „ v. M. 5	38,4	38,2	37,8	37,5	36,2	† kalt	

Am 22. XI.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
8	235 g	0,5 ccm v. M. 6	38,3	38,0	37,8	37,0	36,8	† kalt	
9	229 „	0,25 „ v. M. 6	38,3	37,8	37,1	36,7	36,5	† kalt	

Am 23. XI.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
10	210 g	0,5 ccm v. M. 8	38,6	38,2	37,9	37,5	36,8	† kalt	
11	212 „	0,2 „ v. M. 8	38,4	38,4	38,0	37,5	37,1	† kalt	

In den nächsten Tagen werden jedes Mal bei den Thieren, deren Gewicht von 204 bis 220 g schwankt, 0,5 ccm eingespritzt, der Tod erfolgt nach Temperaturabfall jedes Mal, aber bedeutend schneller als früher, so dass die Thiere am 25. XI. schon acht Stunden nach der Impfung todt gefunden werden, während nach sechs Stunden Temperaturen von 34,0 und 34,5° C. beobachtet wurden.

Am 26. XI.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
16	240 g	0,25 ccm v. M. 15	38,0	37,8	36,1	—	35,8	† kalt	
17	195 „	0,1 ccm v. M. 15	38,4	38,8	37,6	—	35,0	† kalt	

Nach 7 Tagen ist also die früher nicht tödtliche Dosis von 0,1 ccm Bauchhöhlenflüssigkeit letal geworden. Es muss jedoch darauf Rücksicht genommen werden, dass das Versuchsthier 125 g leichter war, als das vom 19. XI. Damals waren andere Thiere nicht zu erhalten. Am nächsten Tage wird der Versuch wiederholt.

Am 27. XI.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
18	240 g	0,25 ccm v. M. 16	38,2	38,1	37,8	36,1	34,0	† kalt	—
19	179 „	0,1 ccm v. M. 16	38,3	38,4	39,8	—	38,6	38,0	38,2

Meerschweinchen Nr. 19 bleibt also zunächst am Leben, nimmt aber bei normaler Temperatur dauernd ab an Gewicht und wird 9 Tage nach der Impfung, nachdem am 8. Tage Abends eine Temperatur von 36,8 beobachtet war, Morgens todt gefunden. Bei der Obduction lassen sich ausser anämischen kleinen Organen und etwas freier Flüssigkeit in dem Bauche Veränderungen nicht nachweisen, ebensowenig irgend welche Bacterien aus Herzblut und Bauchhöhlenflüssigkeit. Wenn wir also auch annehmen, dass das kleine Thier nachträglich in Folge des erlittenen Eingriffes gestorben ist, so ist doch damit höchstens eine Andeutung einer Virulenzzunahme gegen früher gegeben. Am meisten spricht noch dafür die schnelle Herabsetzung der Eigenwärme bei M. 18 auf die Dosis von 0,25 ccm (cf. Thier No. 9).

Am 28. XI. werden geimpft (schwerere Thiere):

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
20	513 g	0,5 ccm v. M. 18	38,2	39,9	38,0	36,5	34,3	† kalt	—
21	430 „	0,1 ccm v. M. 18	38,4	38,7	36,9	35,7	33,9	† kalt	—
22	378 „	0,01 ccm v. M. 18	38,4	39,9	39,7	38,9	39,1	38,5	38,5
								Bleibt leben.	

Die Dosis von 0,01 ccm, wie alle Dosen unter 0,05 ccm, wurde mit einer besonderen Spritze injicirt, deren Glastheil aus einem kalibrirten Kapillarrohr bestand.

Am 29. XI. bekommen die Thiere No. 23 und 24, im Gewicht von 225 bezw. 240 g, je 0,5 ccm von M. 20 und werden am 30. XI. Morgens todt gefunden.

Am 30. XI. erhalten:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
25	220 g	0,5 ccm v. M. 23	38,5	37,7	36,5	34,0	—	† kalt	
26	215 „	0,05 ccm v. M. 23	38,3	38,1	38,4	36,2	—	26,0 9 Uhr †	
27	220 „	0,05 ccm v. M. 23 — ½ gtt.	38,2	37,9	37,9	36,8	—	33,5 12 U. †	
28	197 „	0,05 ccm v. M. 23	38,3	37,8	37,0	35,0	—	† kalt	

Hier ist also bereits eine beträchtlich geringere Menge von Impfmaterial nothwendig, um den Tod herbeizuführen. Am 1. XII. wird den beiden neuen Thieren (210 bezw. 220 g schwer) je 0,05 ccm von M. 25 eingespritzt, die Temperaturen, die Abends nach 8 Stunden beobachtet wurden, betrugen 34,0 bezw. 35,0° C. Am nächsten Morgen werden die Meerschweinschen völlig erkaltet aufgefunden.

Am 2. XII. bekommen:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
31	285 g	0,05 ccm v. M. 29	38,2	38,8	37,0	36,3	35,0	† kalt	—
32	280 „	0,03 ccm v. M. 29	38,4	39,2	37,4	37,1	36,9	37,9 bleibt	38,4 leben

Am 3. XII. bekommen zwei Meerschweinchen im Gewicht von 220 bezw. 225 g je 0,1 bezw. 0,05 ccm von M. 31 und gehen in der Nacht ein.

Am 4. XII. erhalten:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
35	207 g	0,05 ccm v. M. 33	38,2	38,0	36,9	36,7	35,8	† kalt	
36	211 „	0,01 ccm v. M. 33	37,9	37,9	38,3	37,1	36,9	25,0 10 U. †	

Am 5. XII. erhalten drei Thiere (Gewicht 220, 220 und 320 g) je 0,1, 0,05 und 0,01 ccm von Meerschweinchen 35. Die beiden ersten gehen in gewöhnlicher Weise ein, das letzte erst am 2. Tage nach dem Impftag um 2 Uhr, nachdem sich zuerst

eine Erhöhung der Temperatur um 2° C., dann sehr allmählich eine Verminderung bis auf unter 30° C. eingestellt hatte. Der Befund liess nicht daran zweifeln, dass es sich um die specifische Todesursache handelte. Am 6. XII. werden drei Meerschweinchen im Gewicht von 206, 195 und 308 g mit 0,1, 0,05 und 0,05 ccm von M. 38 geimpft, sterben alle drei in der Nacht, ohne Besonderheiten zu zeigen. Am 7. und 8. XII. werden je zwei Meerschweinchen, am 7. XII. 270 und 240, am 8. XII. 230 und 219 g wiegend, mit 0,1 bezw. 0,05 ccm von M. 41 bezw. M. 43 geimpft, sterben in der Nacht, nach Eintritt der gewöhnlichen Erscheinungen.

Am 9. XII. folgen:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
47	215 g	0,1 ccm v. M. 45	38,4	37,2	36,9	36,8	35,5	† kalt	—
48	209 „	0,05 ccm v. M. 45	38,2	38,4	38,2	37,9	38,0	38,0	38,2
								bleibt	leben.

Diese plötzliche Abnahme der Wirksamkeit einer bisher unbedingt tödtlichen, die letale Minimaldosis weit überschreitenden Menge des Impfmaterials musste im höchsten Grade überraschen.

Am 10. XII. wurde aus Mangel an Zeit nur 1 Thier mit 0,1 ccm von M. 47 geimpft.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
49	195 g	0,1 ccm v. M. 47	38,5	36,2	—	35,5	34,0	† kalt	

Mit dem Bauchhöhlenexsudat dieses Thieres werden am 11. XII. zwei neue Thiere geimpft und zwar:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
50	250 g	0,1 ccm v. M. 49	38,4	37,1	36,6	36,0	—	† kalt	—
51	248 „	0,05 ccm v. M. 49	38,3	37,9	37,4	36,5	—	36,9	38,3
								bleibt	leben.

Am 12. XII. werden geimpft:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
52	271 g	0,5 ccm v. M. 50	38,3	37,8	37,2	36,7	36,0	† kalt	—
53	269 „	0,1 ccm v. M. 50	38,2	38,3	37,9	37,0	36,2	† kalt	—
54	250 „	0,05 ccm v. M. 50	38,4	38,8	38,8	39,9	40,4	39,0 bleibt	38,4 leben
55	225 „	0,05 ccm v. M. 50	38,3	37,1	36,4	35,9	34,0	† kalt	—

Das nur wenig kleinere Thier 55 ging also jetzt auf die Dosis von 0,05 ccm wieder ein, während das etwas schwerere am Leben bleibt und keine Temperaturherabsetzung, sondern Erhöhung aufweist. Dass jedoch den Gewichtsverhältnissen dabei nicht eine allein ausschlaggebende Rolle zukommen kann, beweist uns M. 48, das ein noch geringeres Gewicht vor der Impfung zeigte, als M. 55, aber nach derselben Dosis am Leben blieb. In den nächsten drei Tagen werden täglich zwei Meerschweinchen mit 0,1 bezw. 0,05 ccm der Bauchhöhlenflüssigkeit eines der am Morgen des betreffenden Tages todt gefundenen Thiere eingespritzt, dieselben gehen regelmässig, und zwar verhältnismässig schneller als früher, zu Grunde.

Am 13. XII.:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
56	210 g	0,05 ccm v. M. 55	37,9	36,5	35,9	33,5	25,0 ¼ Std. spät. †	—	
57	188 „	0,1 ccm v. M. 55	38,0	36,2	35,0	31,0	†	—	

Am 14. XII.:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
58	196 g	0,1 ccm v. M. 56	38,1	37,9	35,0	33,0	26,0	† kalt	
59	190 „	0,05 ccm v. M. 56	37,9	39,0	35,5	34,0	22,0 liegt auf der Seite	† kalt	

Am 15. XII.:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
60	270 g	0,1 ccm v. M. 58	38,2	38,6	36,5	35,0	30,0	† kalt	
61	245 „	0,05 ccm v. M. 58	37,8	37,4	36,1	25,5	31,0	† kalt	

Am 16. XII.:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
62	275 g	0,1 ccm v. M. 60	38,4	37,5	35,5	32,5	29,0 auf der Seite liegend	† kalt	
63	220 „	0,05 ccm v. M. 60	38,4	37,2	35,0	32,0	30,0 ebenso.	† kalt	

Die Herabsetzung der Eigenwärme tritt also sehr viel schneller ein, als in den bisher beschriebenen Fällen, und es werden ganz ausserordentlich niedrige Temperaturen beobachtet. die mit meinem gewöhnlich benutzten Thermometer zur Bestimmung der Körperwärme gar nicht mehr festzustellen waren, weshalb man sich eines gewöhnlichen 100 theiligen Thermometers zur Messung dieser Thiere bedienen musste, dessen Gang mit dem des sonst gebrauchten Thermometers verglichen war.

Am 17. XII. wurde versucht, festzustellen, ob etwa die früher gegebenen geringeren Dosen unter 0,05 ccm zur letalen Wirkung wieder ausreichten:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
64	235 g	0,05 ccm v. M. 63	37,9	37,4	35,5	34,0	32,5 auf der Seite liegend	† kalt	—
65	270 „	0,1 ccm v. M. 63	38,4	38,5	35,0	34,0	32,0 ebenso	† kalt	—
66	255 „	0,03 ccm v. M. 63	38,1	39,8	37,6	37,3	37,8	38,3	38,4
							bleibt leben.		

Das war also nicht der Fall.

Am 18. XII. werden wieder zwei Thiere mit 0,1 und 0,05 ccm geimpft.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
67	195 g	0,1 ccm v. M. 64	38,2	38,0	36,5	36,0	—	† kalt	—
68	190 „	0,05 ccm v. M. 64	38,4	37,8	37,0	36,9	—	37,9	38,4
							bleibt leben.		

Am 19. XII.:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
69	210 g	0,1 ccm v. M. 67	37,8	37,2	36,4	35,0	33,0	† kalt	
70	200 „	0,05 ccm v. M. 67	38,3	37,6	36,5	36,0	34,0	† kalt	

Am 20. XII.:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
71	185 g	0,1 ccm v. M. 69	37,9	38,0	37,0	36,1	35,5	† kalt	—
72	200 „	0,05 ccm v. M. 69	38,0	37,9	36,9	36,3	35,5	37,5	38,4

Letzteres Thier No. 72 zeigte eine lange dauernde Gewichtsabnahme, bis zu 50 g, erholte sich aber wieder und blieb am Leben. Zu bemerken ist, dass jetzt die Herabsetzung der Temperatur bei den Thieren regelmässig wieder langsamer erfolgt, als in der Zeit vorher, so dass so auffallend niedrige Temperaturen, wie z. B. am 13. und 14. XII., bei weitem nicht mehr beobachtet werden, und auch der Tod der Thiere wieder in der Nacht erfolgt, ähnlich wie im Beginn der Versuchsreihe, und nicht wie an den ebengenannten Tagen theilweise schon nach 8 Stunden.

Am 21. XII. werden geimpft:

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
73	180 g	0,1 ccm v. M. 71	38,3	38,6	37,2	36,5	—	† kalt	—
74	185 „	0,05 ccm v. M. 71	38,2	37,7	36,8	37,4	—	38,0	38,4
							bleibt leben.		

Auch hier ist die weit langsamere Herabsetzung der Temperatur wohl zu beachten, ja es scheint sogar, als wenn bei Thier 73 zunächst eine geringe Erhöhung der Eigenwärme eingetreten sei, wie wir es zwar nicht ausschliesslich, aber doch meistens nach Verabreichung nicht tödtlicher Dosen vor dem Eintritt der Temperaturerniedrigung beobachten konnten. Am 22. XII. wurden unvorsichtiger Weise nur wieder die Dosen von 0,1 und 0,05 ccm gegeben.

Nr.	Gewicht	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach					
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	29 St.
75	170 g	0,05 ccm v. M. 73	37,9	39,0	39,4	38,9	38,7	38,3	38,5
76	180 „	0,1 ccm v. M. 73	38,3	37,4	37,2	36,5	36,9	38,0	38,4

Beide Thiere bleiben am Leben, und damit hat die Versuchsreihe von selbst ihr Ende erreicht. Bedauerlich ist, dass nicht noch eine etwas höhere Dosis am 22. XII. gegeben wurde, wozu die geringe und langsam erfolgende Temperaturerniedrigung bei Thier 73 hätte auffordern sollen, um den Versuch vielleicht noch soweit fortzusetzen, bis ev. auch noch höhere Dosen als 0,1 ccm zur letalen Wirkung nicht mehr ausgereicht hätten. Nicht als ob die Versuchsreihe nicht genug Thiere gekostet hätte! Aber es wäre nun auf ein paar Meerschweinchen mehr oder weniger auch nicht angekommen, wenn dadurch ein sichereres Resultat erreicht worden wäre. Immerhin lassen sich auch unter diesen Umständen eine Reihe von Schlüssen aus dieser Versuchsreihe ziehen. Bevor ich jedoch auf dieselben eingehe, möchte ich noch erwähnen, dass die beiden letzten Thiere, Nr. 75 und 76, deren Gewichtsverhältnisse wohl zu beachten sind, im Gegensatz zu fast allen anderen Thieren dieser und anderer Versuchsreihen, nicht nur nicht an Gewicht abgenommen hatten am nächsten Tage, sondern sogar eine geringe Zunahme, Nr. 75 um 10 g, zeigten. Auch die in den letzten Tagen, vom 20. XII. an, nicht gestorbenen Thiere hatten nur einen geringen, kurz andauernden Gewichtsverlust aufzuweisen. Ferner sei gleich hier noch hervorgehoben, dass bei dem Meer-

schweinchen Nr. 73, von dem die letzten Thiere geimpft waren, im Blut, wie in den Exsudaten der Bauch- und Brusthöhle Cholerabacterien in Reincultur sowohl durch das Plattenverfahren, wie durch Ausstriche auf Agar und mikroskopische Untersuchung der Colonien, und zwar in nicht geringerer Menge als gewöhnlich, nachgewiesen wurden. Es ist bei Erwähnung der Colonien in meinen Versuchsprotokollen bemerkt, dieselben, und zwar die auf den Agarröhrchen, seien wesentlich kleiner als gewöhnlich gewesen. Aus dieser Bemerkung irgend welche Schlüsse auf ein verändertes biologisches Verhalten dieser Kommabacillen auf unseren künstlichen Nährböden zu ziehen, wäre gewiss um so weniger angebracht, als andere Versuche mit demselben Material, die einen Tag später angestellt wurden, überall auf den gebräuchlichen Nährböden typische Wachsthumsverhältnisse ergaben und auch die Impfung der Bouillonculturen auf Meerschweinchen intraperitoneal erkennen liessen, dass, wie im Anfange der Versuche 3,0 ccm zur Tödtung der Thiere eben ausreichten.

Die Versuchsthiere waren nach Möglichkeit so gewählt, dass ihre Gewichtsverhältnisse einigermassen übereinstimmten. Schon aus diesem Grunde mussten kleinere Thiere genommen werden, da solche immer in grösserer Anzahl zu haben sind. Trotzdem ist eine völlige Uebereinstimmung, auch wenn man geringere Schwankungen abrechnet, nicht erreicht, und sind besonders die schweren Thiere vom 28. XI. sehr störend. Später konnte die Uebereinstimmung im Gewicht der Versuchsthiere etwas besser gewahrt werden.

Wir sehen also, dass am 19. XI. 92 eine Menge der Bauchhöhlenflüssigkeit eines an intraperitonealer Cholerainfection gestorbenen Meerschweinchens von 0,5 ccm den Tod eines neuen Versuchsthieres herbeiführt, dass die Temperatur dieses Thieres innerhalb der nächsten sechs Stunden um 0,8° C. absinkt; dass 0,1 ccm derselben Flüssigkeit den Tod eines anderen Thieres nicht herbeizuführen vermag und dass sich bei diesem nach sechs Stunden eine Erniedrigung der Eigenwärme um 0,5° C. eingestellt hat, die nach 19 Stunden auf 1,0° C. gestiegen und am Abend, nach 29 Stunden, noch nicht ganz ausgeglichen ist.

In den nächsten Tagen lässt sich eine nicht gleichmässig fortschreitende Zunahme der Giftigkeit des Impfmaterials dadurch erkennen, dass die Temperaturerniedrigungen nach sechs Stunden wesentlich höhere sind, am 26. XI. z. B. bei Thier Nr. 16 nach vier Stunden schon 1,9° C., nach acht Stunden 2,2° C.; bei Thier Nr. 17 nach vier Stunden 0,8° C., nach acht Stunden 3,4° C. Es ist sehr wahrscheinlich, dass ähnliche Herabsetzungen der Temperatur bei den früheren Thieren ebenfalls eingetreten sind, aber zu einer späteren Zeit, wo sie nicht beobachtet werden konnten; daraus wäre zu schliessen, dass jetzt dieselbe Erscheinung wesentlich früher eintritt. Und das können wir uns, vorausgesetzt, dass es sich um dieselben Dosen des Giftstoffes handelt, eben nur aus einer Virulenzzunahme erklären. Weiter stellt es sich nun heraus, dass im Laufe der Zeit immer kleinere Dosen, weit unter denen liegend, die zunächst eben tödtlich waren, genügen, die Versuchsthiere unter denselben Erscheinungen eingehen zu lassen. Am 26. XI. genügen 0,1 ccm, am 30. XI. weniger als 0,05 ccm, am 4. und 5. XII. sogar 0,01 ccm. Nähmen wir die Gabe von 0,5 ccm, die am ersten Tage den Tod herbeiführte, als tödtliche Minimaldosis an — was nicht ganz richtig sein wird, da wahrscheinlich auch Dosen zwischen 0,5 und 0,1 ccm schon damals den Tod herbeigeführt haben würden — so hätte sich also innerhalb 15 Tagen eine Herabminderung der zur Erzielung des Todes nöthigen Menge Bauchhöhlenflüssigkeit um das fünfzigfache ergeben. Jedenfalls aber kann man sagen, dass am 4. und 5. XII. der zehnte Theil einer am 19. XI. nicht tödtlichen Dosis Cholerabacillen mit Sicherheit den letalen Ausgang der bei den Thieren solchen Gewichtes erzeugten Krankheit herbeiführt.[1])

Wie soll man sich das erklären? Offenbar kann es sich dabei nur um zwei Dinge handeln: um eine Veränderung der

1) Es sei gleich hier erwähnt, dass die Veränderung des Giftstoffes, seine weit höhere Wirksamkeit, auch noch in der Thatsache ihren Ausdruck findet, dass Thiere mit nicht unbeträchtlichen Immunitätsgraden (gegen intraperitoneale Infection) auf Dosen eingehen, die sie von früheren Thieren mit weniger virulentem Material bereits gut vertragen hatten. (Siehe in der grossen Tabelle des 2. Abschnitts 4, 14 und 16.)

Quantität oder der Qualität des Giftes, welches in dem Impfmaterial oder, wie wir nach Pfeiffer's Untersuchungen[1]) annehmen wollen, in den Bacterienleibern, in den Kommabacillen selbst, enthalten ist. Man kann also nicht von vornherein sagen, die Kommabacillen seien giftiger geworden. Man müsste dazu zunächst den Beweis liefern, dass die Zahl derselben in einer gegebenen Menge Flüssigkeit während der ganzen Dauer des Versuches dieselbe bleibt und dass dieselben ganz gleichmässig in der Bauchhöhlenflüssigkeit vertheilt sind. Es könnte ja auch die oben erhaltene Steigerung dadurch zu Stande kommen, dass die Bacterien sich zunächst nur schwach, in späterer Zeit immer schneller in dem Thierkörper vermehren und dadurch die Dosen von Gift, welche man injicirt, wesentlich verschiedene in derselben Menge Flüssigkeit werden. Wir haben versucht, in einigen Fällen durch das Plattenverfahren eine Entscheidung hierüber zu erhalten, möchten aber nicht unterlassen, zu betonen, dass die Resultate, welche man mit demselben erhält, sehr wohl angefochten werden können. Durch das Plattenverfahren erhält man naturgemäss nur eine Uebersicht über die Zahl der vermehrungsfähigen Kommabacillen, mit dem Impfmaterial aber werden wahrscheinlich eine ganze Reihe nicht mehr sich in der Gelatine vermehrender und ferner durch den Thierkörper abgetödteter Mikroorganismen dem neuen Thiere einverleibt und die Wirkung beider, lebender oder todter Bacterien, ist, soviel wir bisher über Cholerabacterien wissen, nicht wesentlich verschieden. Die Wirkung dieser todten und der vermehrungsunfähigen Kommabacillen ist also für das Impfmaterial noch mit in Rechnung zu stellen. Diese Wirkung aber ist bis jetzt eine völlig unbekannte Grösse. Immerhin besitzen wir zur Zeit kein besseres Mittel zur Feststellung in solchen Dingen als das Plattenverfahren. Die wenigen daraufhin angestellten Untersuchungen, zu verschiedenen Zeiten während des Versuches unternommen, liessen nun eine irgendwie erhebliche

1) R. Pfeiffer, Untersuchungen über das Choleragift. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XI, S. 393 ff.

Differenz sowohl zwischen verschiedenen Theilen desselben Exsudats, als auch zwischen den verschiedenen Perioden der Versuchszeit, in Bezug auf die Zahl der sich auf der Gelatine-Platte entwickelnden Keime nicht erkennen, und es neigt sich daher die Anschauung dahin, dass es sich in der That hierbei um eine Veränderung der Beschaffenheit, der Wirksamkeit des giftigen Stoffes innerhalb der Bacterienleiber, um eine zuerst auftretende Steigerung und dann folgende Schwächung ihrer specifischen Energie handelt. Dafür würde ja auch die Veränderung in dem zeitlichen Verlauf der Erscheinungen sprechen. In welcher Weise wir uns diese Qualitätsveränderung zu denken haben, darüber können Erklärungsversuche ja gemacht werden. Man könnte sich z. B. recht wohl vorstellen, dass von Anfang an auf das Protoplasma der Bacterien zwei Kräfte einwirken, die eine in dem Sinne, dass gewisse Bestandtheile des Zellenleibes eine Förderung erfahren (Steigerung der Virulenz), die andere so, dass andere Theile des Protoplasmas langsam und allmählich eine Schwächung erleiden, die aber erst nach längerer Zeit so gross wird, dass sie in die Erscheinung tritt. Indessen ist mit solchen Erklärungen wenig gewonnen, und es ist ohne praktischen Nutzen, solche Möglichkeiten weiter zu verfolgen.

Die Wirksamkeit des Impfmaterials nahm nun zwar zunächst wieder etwas ab, hielt sich aber dann längere Zeit auf der jetzt erreichten Höhe. Wir sehen am 13. und 14. XII. den Tod unter rapider Temperaturerniedrigung schon sehr bald eintreten auf Dosen von 0,05 ccm, und bis dahin stimmen die Versuche mit den bisher bekannt gewordenen überein. Am 20. XII. aber können wir bereits bemerken, dass die Herabsetzung der Temperatur wieder wesentlich langsamer erfolgt, am 21. XII. ist die Dosis von 0,05 ccm nicht mehr tödtlich für Thiere von demselben, sogar von etwas geringerem Gewicht und am 22. XII. kann bei einem Thiere von 170 g Gewicht durch 0,05 ccm nur noch eine geringe Temperatursteigerung, bei einem Thiere von 180 g Gewicht durch 0,1 ccm eine verhältnismässig geringe Temperaturerniedrigung erzielt werden, während Krankheits-

erscheinungen kaum sonst noch auftreten und auch bei der Gewichtsbestimmung der nächsten Tage der Nachweis einer überstandenen schweren Erkrankung nicht zu führen ist.

Es braucht nun kaum hervorgehoben zu werden, dass das erhaltene Resultat unverkennbar eine gewisse Analogie zeigt mit dem Verlaufe menschlicher Epidemien, besonders der Cholera; die anfängliche Zunahme der Krankheitserscheinungen, die Schnelligkeit des Verlaufes auf der Höhe der Virulenz, das Verharren auf diesem Zustand während einiger Zeit und die schliessliche Abnahme, ja vielleicht das völlige Erlöschen der krankmachenden Eigenschaften. Könnte nicht mancher geneigt sein, zu sagen, dass man ja bei unseren Choleraepidemien ganz dasselbe beobachte, dass in dieser Versuchsreihe eine neue Erklärung für das Erlöschen von Epidemien gegeben sei? Ausser der Durchseuchung und anderen, zum Theil unbekannten Factoren könne als ein neues Moment für die Analyse dieser auffallenden Erscheinung die in dieser Versuchsreihe sich aussprechende begrenzte Fähigkeit der Cholerabacterien, innerhalb derselben Thier-Species über längere Zeit ihre krankmachenden Eigenschaften zu bewahren, herangezogen werden? Ich glaube nicht, dass man aus dieser einen Beobachtung muthig so weit gehende Schlüsse wird ziehen dürfen. Es sind der Fehlerquellen bei derartigen Versuchen so viele, Zufälligkeiten der mannigfachsten Art können in irgend einer Weise auch bei der grössten Vorsicht ausschlaggebend werden, das Ausserachtlassen von Kleinigkeiten oder Bedingungen, von deren Wirkung wir vielleicht vorläufig noch gar nichts wissen, können die Resultate in der bedeutendsten Weise beeinflussen. So wäre man vielleicht, um nur ein Beispiel vorzuführen, zu ganz anderen Ergebnissen gelangt, wenn die Abnahme des Impfmaterials nicht ganz regellos einmal von dem stärker, das andere Mal dem schwächer vergifteten Thiere erfolgt wäre, sondern immer gleichmässig entweder nur von dem mit grossen Dosen oder nur von dem mit kleinen Dosen vergifteten. Ich mache mir auch gar keine Illusionen darüber, dass bei der Injection zuweilen Spuren des Impfmaterials nicht in den Thierkörper gelangt sind und was dergleichen Dinge mehr sind. Immer-

hin ist das Bestreben gewesen, solche Vorkommnisse nach Möglichkeit auszuschliessen, und wo trotzdem ein derartiger Zufall eintrat, ist es vermerkt worden. Es ist nicht ganz unnöthig, noch besonders zu erwähnen, dass die zur Einspritzung verwandten Instrumente stets dieselben waren.

Dasjenige, was meiner Ueberzeugung nach am wesentlichsten in dem oben angedeuteten Sinne einer Aehnlichkeit mit dem Verlauf menschlicher Epidemien spricht, ist nicht der tödtliche oder nicht tödtliche Ausgang der einzelnen Thierversuche, sondern der eigenthümlich verschiedene Verlauf der Temperaturerniedrigung bei den Thieren zu den verschiedenen Zeiten des Versuchs. In einer Curve dargestellt, haben wir ein ziemlich schnelles Ansteigen von einer geringeren Schnelligkeit des Eintretens und des Verlaufs der subnormalen Wärmegrade bis zu einer ziemlich beträchtlichen Höhe, dann ein geringes Absinken, ein Halten auf dieser nun erreichten Höhe und schliesslich ein nicht zu allmähliches Abfallen bis zu etwa dem status quo ante. Bei der Feststellung dieser Thatsachen der Temperatursenkungen sind Irrthümer wohl am ersten ausgeschlossen, da das Thermometer sich nicht beeinflussen lässt; es ist die grösste Sorgfalt gerade bei diesen Messungen beobachtet worden und die Erscheinung so verhältnismässig regelmässig verlaufen, dass dabei wohl an einen blossen Zufall nicht gedacht werden kann.

II. Versuche, die Immunität gegen intraperitoneale Cholerainfection zu steigern.

Bei allen Experimenten, welche angestellt werden, um Thieren einen Schutz gegen irgend eine Bacterienart zu verleihen, für welche sie empfänglich sind, spielt die Frage nach dem besten und leichtesten Wege, auf welchem die »Anfangsimmunität« zu erzielen sei, eine wichtige Rolle und man hat gesehen, dass gerade dieser erste Schritt bei manchen Erkrankungen nur bei Anwendung äusserster Vorsichtsmassregeln gethan werden kann. Das ist nun bei unserer intraperitonealen Choleraintoxication durchaus nicht der Fall. Nichts

kann leichter sein, als einem Meerschweinchen einen gewissen Schutzgrad gegen Choleraintoxication von der Bauchhöhle aus zu verleihen. Man braucht bloss, wie ja längst bekannt ist, Bouillonculturen zu erwärmen auf über 60° C. und dieselben dann filtrirt oder unfiltrirt in nicht zu grossen Dosen einzuverleiben, oder man spritzt lebende Culturen in Bouillon oder vom Agar in nicht tödtlichen Dosen ein, man überträgt von dem Blutserum etwas höher immunisirter Thiere; man entnimmt mit Choleraculturen getödteten Meerschweinchen entsprechende Mengen der Bauchhöhlen- oder weit grössere der Brusthöhlenflüssigkeit, oder man lässt das peritoneale Exsudat mit Wasser 1:10 verdünnt 24 Stunden bei Brüttemperatur stehen und spritzt dann von dieser Flüssigkeit verhältnismäsig grosse Mengen ein. In allen diesen Fällen sieht man nur eine geringe Herabsetzung bezw. eine anfängliche Erhöhung mit nach folgender Herabsetzung der Eigenwärme, die sich aber meist bald, schon nach 6 Stunden, wieder auszugleichen beginnt, eintreten und wenn man diese Thiere nachher mit für Controlthiere tödtlichen Dosen Choleraculturen einspritzt, so zeigen sie geringere Krankheitserscheinungen und bleiben am Leben. Es gibt noch eine Reihe anderer sogenannter »Methoden« der Gewinnung einer Anfangsimmunität in dem vorliegenden Falle; die oben erwähnten waren zunächst die einzigen, deren wir uns bedient haben. Die zuerst von Klein[1]) beschriebene Art der Gewinnung der Anfangsimmunität wird noch später bei der Frage nach der specifischen Bedeutung der intraperitonealen Choleraimpfung zu besprechen sein.

Eine wichtige Frage bei jeder Steigerung einer Immunität ist es dann weiter, in welchen Zeitintervallen man die steigenden Dosen einspritzen soll, wie viel Tage von der letzten bis zur nächsten höheren Einspritzung am besten liegen sollen.

Wir wissen aus den Untersuchungen anderer Forscher, dass die Immunität bei der intraperitonealen Choleravergiftung sehr schnell

---

1) Klein, Die Anticholeravaccination. Centralbl. f. Bact. u. Parasitenk., 1893, S. 426.

eintritt, dass man also der ersten schützenden Injection die tödtliche Dosis schon nach wenigen Stunden folgen lassen kann, ohne die Versuchsthiere zu verlieren. In unseren Versuchen ist in den meisten Fällen ein weit grösserer Zwischenraum, meist etwa 3 Wochen, zwischen die einzelnen Impfungen gelegt, besonders immer bei den Thieren, die höhere Dosen erhalten hatten, in der Absicht, die Thiere ihr früheres Gewicht erst wieder gewinnen und etwas überschreiten zu lassen und dem Körper Zeit zu geben, die bisher uns unbekannten Veränderungen seiner Säfte, welche wir als Ursache des Schutzes annehmen, auszubilden. Wissen wir doch aus den schönen Untersuchungen von Brieger und Ehrlich, dass, wenigstens beim Tetanus, die Wirksamkeit eines immunisirenden Serums zunächst nach der Einspritzung einer neuen Giftmenge erheblich abnimmt, um erst allmählich die alte Höhe wieder zu gewinnen, dann bis zu einer gewissen Zeit weit über dieselbe hinauszusteigen und endlich ganz allmählich wieder geringer zu werden. Natürlich wird man den Gipfel dieser Curve als den geeignetsten Augenblick zur Steigerung der Immunität wählen. Ob es sich mit der Choleraintoxication gerade so verhält, ist ja besonders nach der eben erwähnten Beobachtung, dass die Immunität sehr schnell eintritt, äusserst fraglich. Jedenfalls glauben wir bei unseren Versuchen mit diesen längeren Intervallen keine schlechteren, sondern eher günstigere Ergebnisse gehabt zu haben, als bei den auch angewendeten kürzeren, bei schnellerer Aufeinanderfolge der einzelnen Impfungen. Dafür einige Thierversuche als Beispiele:

Nr.	Gewicht	Datum	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach				
					2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.
1	450 g	30. I. 93	1/8 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,4	38,6	37,8	36,8	37,0	38,2
	Tödtl. Minimaldosis = 1/4 Ch. Ag. C.								
		2. II. 93	1/4 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,4	38,9	37,9	37,4	37,0	37,9
	Tödtl. Minimaldosis = 1/4 Ch. Ag. C.								
		4. II. 93	1/2 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,2	38,0	37,4	36,2	34,8	†
	Tödtl. Minimaldosis = 1/4 Ch. Ag. C.								

Nr.	Gewicht	Datum	Menge	Temp. vor d. Impf.	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	12 St.
2	580 g	8. II. 93	1/10 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,3	38,8	38,2	37,9	37,2	37,6
		Tödtl. Minimaldosis der Cultur = 1/5 Ch. Ag. C.							
		10. II. 93	1/5 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,7	38,4	38,0	37,4	36,9	37,9
		Tödtl. Minimaldosis der Cultur = 1/5 Ch. Ag. C.							
		11. II. 93	1/5 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	37,9	37,8	37,5	36,2	35,0	†
		Tödtl. Minimaldosis der Cultur = 1/5 Ch. Ag. C.							
3	410 g	30. I. 93	1/8 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,3	38,4	37,6	36,6	36,8	37,8
		Tödtl. Minimaldosis = 1/4 Ch. Ag. C.							
		4. II. 93	1/4 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,4	38,0	37,8	37,4	37,0	37,4
		Tödtl. Minimaldosis = 1/4 Ch. Ag. C.							
		10. II. 93	1/2 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,3	38,0	37,0	36,2	36,5	37,9
		Tödtl. Minimaldosis = 1/4 Ch. Ag. C.							
		12. II. 93	1/2 Ch. Ag. C. 24 St. alt i. p.	38,5	37,9	37,0	36,0	34,2	†
		Tödtl. Minimaldosis = 1/4 Ch. Ag. C.							

Schon aus diesen wenigen Versuchen geht hervor, dass die Thiere die rasch wiederholten Einspritzungen meist schlecht vertragen. Aus einer etwas grösseren Zahl ebensolcher späterer Versuche, die zum Theil zu anderen Zwecken angestellt wurden, kann ich bestätigen, dass die Thiere alle sehr bald, meist bei der dritten oder vierten Impfung eingehen. Die in längeren Zwischenräumen geimpften Thiere sterben zwar, wie sich zeigen wird, auch alle, aber meist nicht nach so wenigen Impfungen; man kann daher bedeutend höhere Widerstandsfähigkeit bei ihnen erzielen.

Zu gross andererseits darf man die Intervalle auch nicht werden lassen; es machte wiederholt den Eindruck, dass Zwischenzeiten von 4 Wochen und mehr entschieden ungünstigere Resultate gaben, als die von ca. 3 Wochen.

Um wieviel soll die folgende Dosis der vorhergehenden überlegen sein? Auch hierin muss man ausprobiren, es lassen sich bestimmte Angaben für jeden einzelnen Fall kaum geben; die Thiere reagiren auch durchaus nicht in gleicher Weise auf dieselbe Steigerung der Dosis. Im Allgemeinen haben wir die Verdoppelung bei den Anfangsgraden, die

Hinzufügung eines Drittels bzw. eines Viertels der vorhergehenden Dosis bei schon öfter injicirten Thieren geübt.

In einer Reihe von Fällen, so lange der oben beschriebene Versuch der Virulenzsteigerung im Gange war, also vom 19. XI. bis 22. XII. 92, ist als Impfmaterial die Bauchhöhlenflüssigkeit der gestorbenen Meerschweinchen genommen worden, und es können also die in der obigen Versuchsreihe beschriebenen 76 Thiere in beschränkter Weise während dieser Zeit als Controlthiere dienen. Dabei muss man allerdings dann den guten Glauben in vielen Fällen mitbringen, dass der Virulenzgrad der Bauchhöhlenflüssigkeit der beiden an einem Tage gestorbenen Thiere genau der gleiche gewesen sei. In einigen wenigen Versuchen, die in dieser Richtung angestellt sind und die nicht weiter mitgetheilt zu werden brauchen, ergab sich in der That eine völlige Uebereinstimmung in Bezug auf die Höhe der tödtlichen Dosis und in Bezug auf den Temperaturverlauf. Aber diese Prüfungen sind, wie gesagt, nur selten vorgenommen, und es ist möglich, dass nicht zu allen Zeiten eine gänzliche Virulenzgleichheit zwischen den Exsudaten der beiden Thiere geherrscht hat. Auch an den Gewichtsunterschied zwischen den als Controlthiere dienenden und den zu immunisirenden Thieren ist zu denken.

In späterer Zeit, nach dem 22. XII., sind nur noch 24stündige, bei 37,5 bis 37,8° C. gezüchtete Agarculturen verwandt worden. Es wurde mit einer Oese kurz vor der Impfung der Bacterienrasen abgekratzt, eine Spur auf 35° C. erkalteten, frisch sterilisirten, destillirten Wassers dem Condenswasser hinzugefügt und diese Bacterien-Flüssigkeit nach tüchtigem Umschütteln und nachdem alles Bacterienmaterial sich nach Möglichkeit gelöst hatte, über den ausgeglühten, aber kalten Rand des Röhrchens in sterile Doppelschälchen gegossen, mit einer zweiten kleinen Menge sterilen Wassers der Rest des Bacterienmaterials nachgeholt und von hier mit der Spritze in der gewünschten Menge übertragen. Dass bei dieser Art der Dosirung eine wirkliche Uebereinstimmung in Bezug auf die Menge des übertragenen Giftes nicht vorhanden war, darüber hat niemals eine Täuschung bestanden. So gut es

ging, suchte man durch Auswahl genau gleich voluminöser Röhrchen, die genau die gleiche Menge in derselben Neigung erstarrten Agars enthielten und durch Einhalten stets derselben Zeitdauer vom Moment der Impfung bis zu dem Abkratzen des Bacterienmaterials, sowie dadurch, dass die Impfung der Röhrchen stets von derselben Person von 24 Stunden alten Agarröhrchen (37° C.) vorgenommen wurde, die Fehlerquellen zu verringern.

Es mögen nun die Protokolle der Thierversuche zur Steigerung der Immunität folgen. (Siehe Tafel I und II.)

Bei Besprechung der in dieser Tabelle mitgetheilten Versuchsergebnisse muss zunächst die Virulenz der angewandten Choleracultur noch einmal berücksichtigt werden. Wie aus den zu Anfang der Arbeit mitgetheilten Versuchen hervorging, hatte die Cholera »Frohnert« unmittelbar nach der Isolirung der Cultur in 24stündigen Bouillonröhrchen (II. Gener.) eine Virulenz, die etwa 3,0 ccm als tödtlicher Minimaldosis für Thiere von 400 g entsprach. Agarculturen wurden damals nicht geprüft, sondern erst nach 14 Tagen, als durch 3,0 ccm Bouilloncultur kaum eine vorübergehende Temperatursteigerung mehr hervorgerufen wurde. Die tödtliche Minimaldosis betrug damals eine Oese ($1\frac{1}{2}$ mg = $\frac{1}{15}$ Ag. C.) 24stündiger Agarcultur, der Tod des Meerschweinchens trat, wie erinnerlich, auf diese Dosis erst nach etwa zweimal 24 Stunden ein. Als die Immunisirungsversuche begannen, hatte die Virulenz weiter schon nicht unerheblich abgenommen. Am 26. IX. 92 ist die tödtliche Minimaldosis für ein Meerschweinchen von 430 g Gewicht gleich 5,0 ccm 24stündiger Bouilloncultur, am 18. XI. dagegen hat die Virulenz wieder zugenommen, ohne dass die verwandte Cultur inzwischen den Thierkörper passirt hatte; ein Thier von 530 g stirbt innerhalb 20 Stunden an 3,0 ccm. Hier ist der Ort zu erwähnen, dass die zur Infection gebrauchten Culturen in fortlaufender Reihe von einem Nährboden auf den anderen übertragen worden sind, Bouillon- wie Agarculturen, ohne dass durch eine Passage des Meerschweinchenkörpers die Virulenz zu erhöhen versucht wurde. Es geschah dies absichtlich, um kennen zu lernen, in welcher Weise die Aenderungen der Virulenz

bei einer länger fortgezüchteten Cultur vor sich gehen. Die Uebertragung geschah täglich mindestens einmal. Es besteht keine Täuschung darüber, dass durch diese Versuchsanordnung die Resultate, besonders bei der Steigerung der Immunität, vielleicht sogar in hohem Grade, nachtheilig beeinflusst sind. Andererseits war es nicht ohne Interesse, die ausserordentlichen Schwankungen in der Giftigkeit der Culturen zu beobachten. Wie aus den Dosen ersichtlich ist, an denen die Controlthiere eingegangen sind, war die tödtliche Minimaldosis für Thiere etwa im Gewicht von 400 bis 500 g am 12. I. 93 gleich 1/10 Agarcultur von 24 Stunden Wachsthum, also etwa 2/3 der zu Beginn der Versuche bestehenden Toxicität. Am 14. und 18. I. ist sie gleich 1/8, am 19. gleich 1/9 Agarcultur, am 2. und 14. II. = 1/6, am 23. II. noch 1/5 der Agarcultur. Am 3. III. geht das Controlthier auf 1/10, am 15. III. auf 1/4, am 22. desselben Monats wieder auf 1/10 Agarcultur ein. Am 5. IV. ist die tödtliche Minimaldosis wieder gleich 1/4, am 26. IV. gleich 1/5; am 3. VI. tödtet 1/3, am 21. VI. 1/2 Agarcultur die Controlthiere, und diese hohen Dosen sind auch in späteren Versuchen mindestens erforderlich. Im Allgemeinen also zeigt die Virulenz der Cultur eine stetige Abnahme mit Ausnahme einer Steigerung im März. Man könnte vielleicht geneigt sein, diese plötzliche Zunahme der Giftigkeit auf einen Versuchsfehler zurückzuführen, und es wäre das auch für mich die nächstliegende Erklärung, wenn mir nicht auch sonst bei anderen Versuchen häufig genug derartige Aenderungen in der Virulenz von Choleraculturen begegnet wären. Es ist leider oft genug beobachtet worden, dass Choleraculturen, deren Toxicität heute bestimmt war, nach 24 Stunden in der ersten nachfolgenden Generation eine erhebliche Steigerung, zuweilen auch eine erhebliche Abnahme ihrer Giftigkeit zeigten, so dass die auf den Controlversuch vom vorhergehenden Tage basirte Dosirung sich als viel zu hoch oder niedrig herausstellte. Diese unvorherzusehenden bedeutenden Schwankungen in der Toxicität der Choleraculturen sind der Umstand, welcher am meisten erschwerend für Versuche der Immunitätssteigerung in's Gewicht fällt, und man merkt hier, was es für eine angenehme Sache ist,

wenn man mit einem einigermassen in seiner Virulenz constanten Material solche Fragen bearbeiten kann.

Aus den mitgetheilten Messungen der Eigenwärme lässt sich zunächst ersehen, dass die Temperaturcurve unter Umständen ganz ausserordentlich tief sinken kann. Temperaturen von 25° C. sind oft beobachtet worden, in einzelnen Fällen sogar solche, die weit unter 20° liegen. Ferner ist im Ganzen ein deutlicher Unterschied erkennbar zwischen schon geimpften und noch nicht geimpften Thieren. Während die letzteren meist schon nach zwei Stunden, stets nach vier Stunden eine deutliche Herabsetzung ihrer Eigenwärme zeigen, sieht man bei schon geimpften Thieren, falls die Dosis nicht zu hoch gegriffen war, also gut vertragen wird, nichts als eine deutliche Steigerung der Temperatur um 1 bis 2° C., die nach zwei Stunden schon erkennbar ist und meist nach sechs bis acht Stunden der normalen Körperwärme Platz macht. Ob bei diesen Thieren eine sich schnell wieder ausgleichende Herabsetzung der Eigenwärme der Steigerung, die nach zwei Stunden nachweisbar ist, vorhergeht, sind wir ausser Stande anzugeben, da frühere Messungen als nach zwei Stunden nicht vorgenommen sind, halten es aber durchaus nicht für ausgeschlossen. Ist dagegen die Dosis zu hoch gegriffen, so dass die Thiere eingehen oder erst nach langem Kranksein und andauernder fortschreitender Gewichtsabnahme allmählich sich wieder erholen, so tritt auch wohl nach zwei Stunden eine geringe Steigerung der Temperatur ein; dieselbe verschwindet aber meist sehr schnell wieder, es folgt eine sehr regelmässige Herabsetzung der Körperwärme, die entweder schnell zum Tode führt oder längere Zeit bestehend, so dass sie noch nach 29 Stunden nachweisbar ist, nur langsam wieder zur Norm zurückkehrt. Immerhin sind die Verhältnisse bei unseren Messungen nicht so deutlich unterscheidbare, dass man daraus einen gesetzmässigen Unterschied zu construiren vermöchte.

Ausser in der Herabsetzung der Eigenwärme äussert sich die Wirkung des mit der intraperitonealen Injection gesetzten Eingriffs fast nur noch in einem einigermassen constant wiederkehrenden Gewichtsverlust. Aber auch hier lässt sich irgend

eine gesetzmässige, von dem Gewicht des Thieres und der Höhe der gewählten Dosis abhängige und derselben proportionale Veränderung nicht beobachten. Es kommt vor, dass Thiere überhaupt nach dem Eingriff keine Herabsetzung ihres Gewichtes zeigen, sondern in der ganzen folgenden Zeit, schon vom nächsten Tage an, nicht unbeträchtlich an Gewicht zunehmen, ohne dass man dafür in allen Fällen besondere Verhältnisse, wie Gravidität, verantwortlich machen könnte; eine Herabsetzung der Eigenwärme ist dann allerdings fast niemals nach der Zuführung der Bacterien zu constatiren gewesen oder dieselbe war nur äusserst gering. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist, wie schon einmal erwähnt wurde, eine deutliche, über mehrere Tage anhaltende, fortschreitende Gewichtsabnahme bemerklich, die allerdings in den weitesten Grenzen schwankt und von wenigen Gramm bis zu einem halben Pfund beobachtet worden ist. Auch die Zeit bis zur Erreichung des Mindestgewichts und damit auch die, welche bis zur Gewinnung der alten Schwere verstrich, war ausserordentlich verschieden. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die höheren Dosen einen wesentlich höheren Gewichtsverlust im Gefolge hatten und längere Zeit bis zum status quo ante gebrauchten. Einige Male hatte man den Eindruck, als ob weniger die Steigerung der Dosis, als überhaupt die Wiederholung der Injection für sich allein den stärkeren Effect hervorzubringen vermöchte.

Die Höhe der erzielten Immunität war zunächst verschieden je nach Art der Vorbehandlung. Diejenigen Thiere haben den höchsten Schutz gegen die intraperitoneale Cholerainfection erreicht, welche zuerst nur mit direct von getödteten Thieren stammendem Material, Bauchhöhlenflüssigkeit u. s. w., geimpft waren oder auf welche Serum von immunisirten Thieren übertragen war. Die auf andere Weise vorbehandelten Thiere sind im Allgemeinen wesentlich früher einer erneuten Einspritzung erlegen. Eine Erscheinung fällt bei genauerer Betrachtung der Tabelle besonders in's Auge, dass nämlich häufig genug Thiere eine geringere oder dieselbe Höhe, dasselbe Multiplum der für Controlthiere tödtlichen Minimaldosis bei der zweiten Einspritzung

schlechter vertragen, als bei der vorhergehenden. Diese Erscheinung, die in der letzten Zeit der Versuchsdauer besonders hervortritt, kann natürlich zunächst aus einer falsch gewählten Zeit der nachfolgenden Einspritzung erklärt werden, und zu dieser Erklärung wird man um so eher geneigt sein, wenn man mit Ueberzeugung an der Anschauung hängt, dass man zur Steigerung der Immunität gegen intraperitoneale Cholerainfection die ersten Tage nach der Einspritzung wählen müsse. Aus den mitgetheilten Versuchen scheint mir jedoch bewiesen, dass Zwischenräume zwischen den einzelnen Impfungen, wie sie hier gewählt wurden, im Allgemeinen besser geeignet zur Erreichung höherer Schutzgrade erscheinen, und mir scheinen daher ausser der eben erwähnten noch zwei weitere Möglichkeiten vorzuliegen. Entweder ist die Abnahme der Virulenz der Cholerabacterien, wie sie gerade während dieses Zeitpunktes der Versuchsdauer auftritt, an dem Zustandekommen dieser Erscheinung betheiligt, derart, dass mit den kaum noch virulenten Bacterienleibern eben ganz andere chemische Körper einverleibt werden als früher, oder die verwendete Thierspecies ist nach einer gewissen Inanspruchnahme ihrer Körpersäfte durch wiederholte Impfungen nicht mehr im Stande, in der bisherigen Weise zu »reagiren«; es tritt eine Grenze der Immunitätssteigerung gegen intraperitoneale Injection bei ihnen in die Erscheinung. Die letztere Möglichkeit ist bereits von Sobernheim[1]) betont worden. Es ist mir nicht möglich, irgendwie zu einer Entscheidung in diesem Zwiespalt beizutragen, doch möchte ich hervorheben, dass in einzelnen Fällen jedenfalls höhere Immunitätsgrade zu erzielen sind, als dies von Sobernheim angenommen zu werden scheint. Folgende Thiere aus der oben mitgetheilten Reihe haben doch recht beträchtliche Multipla der für Controlthiere tödtlichen Minimaldosis ertragen: Nr. 6 das zehnfache bei der vorletzten, das siebenundeinhalbfache bei der letzten intraperitonealen Impfung; Nr. 12 das zwölffache bei der letzten Impfung; Nr. 19 das

1) Sobernheim, Experimentelle Untersuchungen über Choleragift und Choleraschutz. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., 1893, Bd. XIV, S. 3.

neunfache, Nr. 20 und 22 das achtfache, Nr. 24 das zehnfache, Nr. 23, 30, 32, 33, 36, 40 das fünffache, Nr. 42 das siebenundeinhalbfache, Nr. 25 das sechzehnfache der tödtlichen Dosis. Allerdings ist zur Gewinnung derartiger Resultate der Verlust an Thiermaterial ein ganz enormer, und es wird schon aus diesem Grund nicht viele Experimentatoren geben, die in dieser Richtung weitere Choleraimmunisirungsversuche anzustellen geneigt bzw. in der Lage sind.

Der springende Punkt bei diesen Immunisirungsversuchen ist natürlich die Beantwortung der Frage, ob es gelingt, auf dem Wege der intraperitonealen Cholerainfection einen Schutz gegen die Impfung vom Magen aus nach Koch-scher Methode zu erzielen. Wir müssen diese Frage nach unseren Erfahrungen ganz entschieden verneinen. Thiere, welche das fünf- ja das sechszehnfache der tödtlichen Dosis anstandslos vertragen hatten, deren Bauchhöhle während vieler Monate mit unglaublichen Mengen von Cholerabacterien immer wieder überschwemmt worden war, gingen nach der ersten, bzw. zweiten, aber nicht stärkeren Cholerainfection vom Magen aus immer in typischer Weise mit dem bekannten pathologisch-anatomischen Befund zu Grunde, auch dann, wenn die Controlthiere am Leben blieben, und weder die Erscheinungen während des Lebens nach der Impfung, noch die Autopsie liessen irgend einen Unterschied in dem Verhalten dieser Thiere gegenüber den Kontrollthieren, nicht einmal eine Verzögerung des letalen Ausganges um eine bemerkenswerthe Zeitspanne erkennen.

Der Befund bei den immunisirten Thieren unterschied sich nicht wesentlich von dem bekannten pathologisch-anatomischen Bilde bei nicht vorbehandelten. Häufig genug fanden sich die Reste der vorausgegangenen Entzündungen, Stränge und Adhäsionen, in der Bauchhöhle vor, auch schien es zuweilen, als wenn die letale Einspritzung local weniger heftige Erscheinungen, inbesondere kaum einen bemerkenswerthen Belag auf Leber, Milz und Därmen, erzeugt habe. Aber auch dieser Unterschied

war durchaus nicht regelmässig. Der bacteriologische Befund stimmte immer gut mit demjenigen überein, den andere Autoren zur Genüge beschrieben haben: bei den höher immunisirten Thieren fand sich in einer Oese Herzblut mit geringen Ausnahmen ein spärliches Bacterienmaterial, etwa 10—30 vermehrungsfähige Keime, während die Bauchhöhlenflüssigkeit, in derselben Menge, zum Unterschied von den Controlthieren meist weniger zahlreiche, aber immer noch nicht wenig Keime auswachsen liess. Bei den Controlthieren fanden sich im Allgemeinen in einer Oese aus der Bauchhöhle immer zahllose, aus dem Herzen zählbare, zwischen sechzig bis über zweihundert wechselnde Choleracolonien. Dabei ist zu beachten, dass die Dosis, an welcher diese Controlthiere eingingen, in allen Fällen die Minimaldosis war.

Das Blutserum von Meerschweinchen, die mit steigenden Choleradosen intraperitoneal behandelt waren, ist nur in seltenen Fällen geprüft worden. Zu diesen Versuchen benutzte Thiere sind zwar zum Theil schon in der vorigen Tabelle enthalten, doch sollen dieselben übersichtshalber hier noch einmal mit den nicht erwähnten zusammengestellt werden. Dem Thier Nr. 7 der grossen Tabelle wurde am 6. XI. Abends 6,0 ccm Blut aus der Halsvene entnommen und auf Eis gelegt. Mit dem abgeschiedenen Serum wurden folgende Versuche angestellt:

Nr.	Gewicht	Menge Serum	Temp. vor d. Inject.	Injection von (nach 24 Stdn.)	Temperatur nach			
					2 Std.	4 Std.	6 Std.	8 Std.
1	550 g	0,1 ccm	38,2	0,1 ccm B. Fl. eines eben gestorb. Meerschw.	39,4	38,6	38,8	38,4
2	605 „	0,5 ccm	38,5	„ „	40,2	39,3	38,5	38,6
3	527 „	1,0 ccm	38,6	„ „	37,4	38,1	38,4	38,3
4	530 „	— Controlthier	38,2	„ „	39,1	38,3	37,1	34,5 †

Thier Nr. 4 wird nach Verlauf von 17 Stunden nach der Einspritzung todt gefunden. Thier Nr. 3 erträgt schon am Tag nach

dieser ersten Einspritzung ganz ausserordentlich stärkere Dosen Choleramaterial, während die beiden anderen Meerschweinchen längere Zeit brauchen, ihr ursprüngliches Gewicht wieder zu gewinnen: das mit 0,1 ccm vorbehandelte über zwei Monate, das mit 0,5 ccm vorbehandelte fünf Tage. Das Thier Nr. 7, dem das Blutserum entstammte, hatte nur einmal, acht Tage vor der Blutentnahme die tödtliche Dosis überstanden. Von einer Beeinflussung des Verlaufes der Infection durch Einspritzung dieses Serums einige Zeit nach der Verimpfung des tödtlichen Materials konnte dagegen keine Rede sein:

Nr.	Gewicht	Einspritzung von	Temp. nach		dann Serum	Temp. nach		Ausgang
			1 Std.	3 Std.		5 Std.	7 Std.	
1	235 g	0,1 ccm B. Fl. eines gestorb. Meerschw.	39,4	38,4	0,1 ccm	37,2	32,0	† nach 8—17 St.
2	250 „	„ „	39,0	37,5	1,0 ccm	37,9	32,5	do.
3	230 „	„ „	39,1	38,3	— Controlthier	38,1	34,3	do.

Eine geringe Beeinflussung auf den Gang der Temperatur lässt sich nur bei Thier 2 erkennen, während im Uebrigen kaum ein Unterschied zu verzeichnen ist.

Thier Nr. 7 stirbt, wie aus der Tabelle ersichtlich, am 4. XII. in Folge erneuter Impfung. In den Pleurahöhlen dieses Thieres finden sich 5 ccm völlig klaren, bacterienfreien Serums — das Thier starb drei Tage nach der Impfung, daher sind keine Bacterien mehr vorhanden — und dieses Serum wurde ebenfalls auf seine Immunisirungsfähigkeit geprüft. (Folgt Tabelle auf Seite 74 oben.)

Das Controlthier stirbt während der Nacht, die beiden anderen Thiere zeigen nicht die geringsten Erscheinungen mehr am folgenden Tage. Das bei der Obduction erhaltene Blutserum hatte also in diesem Falle genau dieselben Eigenschaften in Bezug auf Immunisirungsfähigkeit gegen Cholera, wie das einige Tage vorher von dem lebenden Thiere erhaltene.

Nr.	Gewicht	Temp. vor d. Inject.	Menge	Nach 1 Stunde	Temperatur nach			
					2 Std.	4 Std.	6 Std.	8 Std.
1	360 g	38,2	0,1 ccm seröse Pl.-Flüssigkeit Thier 7	0,1 ccm Bauchhöhlenflüssigk. eines gestorb. Meerschw.	39,0	39,8	40,3	39,1
2	403 „	38,4	0,1 ccm B. Fl. eines gestorb. Meerschw.	4,0 ccm seröse Pl.-Flüssigkeit von Thier 7	—	38,9	39,6	39,9
3	320 „	38,0	do.	— Controlthier	38,1	39,2	37,6	35,0

Noch von einem zweiten Meerschweinchen ist das Blutserum geprüft worden, nachdem das Thier durch wiederholte, gut überstandene, steigende Dosen von Cholerabacterienmaterial vorbehandelt war. Dem Thier Nr. 25 der grossen Tabelle werden am 30. XII. 92, nachdem es sechsmal tödtliche oder mehrfach tödtliche Dosen Choleramaterial überstanden hat, 6,0 ccm Blut aus der Carotis entzogen. Mit dem abgeschiedenen Serum werden am 7. I. 93 folgende Versuche angestellt:

Nr.	Gewicht	Temp. vor d. Inject.	Serum	Nach 2 Stunden	Temp. nach	
					3 Std.	5 Std.
1	344 „	38,2	1,0 ccm	5,0 ccm 5% Sodalösg.; 10,0 ccm 24 st. Bouilloncultur in den Magen; 1,5 Tinct. Op. simpl. i. p.	33,0	32,5 †
2	350 „	38,4	2,0 ccm	do. nur 5,0 ccm Cultur statt 10,0	35,4	35,8 †
3	340 „	38,1	— 1. Controlthier	wie bei 1	34,0	34,0 †
4	324 „	38,0	— 2. Controlthier	wie bei 2	28,0	†
5	290 „	37,9	0,1 ccm	4,5 mg Chol. Ag. C. 24 Std. alt i. p.	38,1	38,0
6	400 „	38,5	0,01 ccm	do.	38,8	37,1
7	310 „	38,1	0,005 ccm	do.	38,3	36,8 †
8	380 „	38,4	— 3 Controlthier	3 mg, sonst wie Nr. 5	37,0	35,7 †

Von diesen Thieren wurden am nächsten Morgen todt gefunden, während sie ausser Nr. 4 nach acht Stunden nach der Impfung noch am Leben waren: Thier Nr. 1, 2, 3, 7 und 8. Die übrigen, Nr. 5 und 6, zeigten am nächsten Morgen normale Temperatur und hatten keinen Gewichtsverlust zu verzeichnen. Das Serum also, welches in ziemlich geringen Mengen — die Verdünnung wurde mit sterilem destillirtem Wasser vorgenommen — Meerschweinchen gegen die intraperitoneale Impfung zu schützen vermochte, blieb in bedeutend — um das 200fache — grösseren Dosen ohne jeden Einfluss auf die nach Koch'scher Methode vorgenommene Magenimpfung. Dieser Erfolg deckt sich völlig mit den schon oben mitgetheilten Erfahrungen.

Zugleich mit diesen Versuchen an Meerschweinchen wurde auch an einer kleinen Zahl von Kaninchen experimentirt, um zu versuchen, ob durch wiederholte intraperitoneale Injectionen bei diesen Thieren dem Blut derselben schützende Eigenschaften verliehen werden könnten. Es sei gestattet, von einem dieser Thiere die genauere Geschichte zu geben. Vorher sei bemerkt, dass Kaninchen ganz ungleich gegen diese Infection reagiren; dass es daher nicht angängig erscheint, zur Bestimmung der Virulenz des eingeimpften Materials Kaninchen als Controlthiere zu verwenden, — obgleich dies bei unseren Versuchen jedesmal auch geschehen ist —, dass man also besser thut, die betreffende, für Meerschweinchen tödtliche Minimaldosis als Kriterium für die Giftigkeit der verwandten Culturen heranzuziehen.

Ein Kaninchen von 1335 g Gewicht erhält am 19 XII. 92 als erste vorbehandelnde Impfung 0,1 ccm B.-Fl. eines vor wenigen Stunden an intraperitonealer Cholerainfection gestorbenen Meerschweinchens. Darauf sinkt die Temperatur des Thieres nach einer Stunde um 1,2° C., kehrt aber dann allmählich in vier Stunden wieder zur Norm zurück. Der Gewichtsverlust nach dieser Einspritzung beträgt 85 g. In der nächsten Zeit erhielt das Thier noch einmal am 12. I. 1 Chol.-Ag.-C., 24 Stunden alt, dann folgende Einspritzungen:

Am 16. I. 93 4 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt.
(Controlkaninchen 4 Culturen nach 1½ Tagen †
Controlmeerschweinchen (400 g) † auf ⅛ der Cultur.)

Am 19. I. 93 6 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (250 g) = 1/9 der Cultur.)
Am 28. I. 93 6 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (250 g) = 1/9 der Cultur.)
Am 2. II. 93 8 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (408 g) = 1/6 der Cultur.)
Am 22. II. 93 10 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (600 g) = 1/8 der Cultur.)
Am 28. III. 93 10 Chol. Ag Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (580 g) = 1/4 der Cultur.)
Am 1. V. 93 14 Chol. Ag Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (300 g) = 1/5 der Cultur.)
Am 24. V. 93 18 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (250 g) = 1/4 der Cultur.)
Am 14. VI. 93 25 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (310 g) = 1/2 der Cultur.)
Am 5. VII. 93 34 Chol. Ag. Culturen 24 Std. alt.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (350 g) = 1/3 der Cultur.)

Bis dahin war mit der alten Frohnert'schen Cholera geimpft worden. Das Thier hatte meist einige Stunden nach der Impfung 1—2° C. Temperaturerniedrigung, die sich auffallend schnell wieder ausglich, gezeigt, hatte auch in den Tagen nach den Impfungen Gewichtsverlust, zuweilen recht beträchtlichen, gehabt, war aber immer wieder bald völlig munter und nahm stetig an Gewicht zu. Eine Steigerung der einzuspritzenden Mengen mit dieser nicht mehr virulenten Cultur erschien unthunlich; es wurde daher die virulenteste, mir damals zu Gebote stehende Choleracultur, eine Massauah-Cholera, zur weiteren Injection verwendet:

Am 25. VII. 93 10 Chol. Ag. Culturen Massauah 24 Std. alt i. p.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (500 g) = 1/20 der Cultur.)
(Weiteste Temperaturherabsetzung 2,4° C. nach 1 Std.)
Am 19. IX. 93 15 Chol. Ag. Culturen Massauah 24 Std. alt i. p.
(Tödtl. Dosis für Meerschweinchen (450 g) = 1/15 der Cultur.)

Am 23. IX. 93 wird das Thier, das inzwischen sein Gewicht vom 10. IX. längst wieder überschritten hatte, überhaupt schon ganz munter und hergestellt erschienen war, in den zwei letzten Tagen aber ziemlich bedeutenden Gewichtsverlust bei einer geringen Erhöhung seiner Eigenwärme gezeigt hatte, Morgens todt im Stalle gefunden. Bei der Obduction werden die beiden Unterlappen der Lunge pneumonisch verdichtet gefunden und aus

denselben, sowie aus Herzblut, ein kleiner, in Haufen liegender Coccus gezüchtet, der nur bei Brüttemperatur wächst und eigenartige bläuliche, dem Nährboden fest anhaftende runde Colonien auf Agar bildet. In der Bauchhöhle ist ausser zahlreichen alten Verklebungen nichts Wesentliches von Veränderungen zu erkennen.

Aus der obigen Darstellung könnte man schliessen, dass Kaninchen sich sehr viel leichter gegen die intraperitoneale Cholerainfection immunisiren lassen, als Meerschweinchen. Das ist gewiss der Fall, aber so glatt, wie es nach dem Obigen den Anschein hat, geht der Process doch durchaus nicht in allen Fällen vor sich. Auch hier sind die Verluste an Thieren beträchtlich; das oben beschriebene Kaninchen ist das einzige von zehn Thieren, welches den Impfungen so lange Stand hielt. Alle anderen sind wesentlich früher entweder direct nach der Impfung eingegangen oder nach derselben einem langsam in Monaten zum Tode führenden Kranksein verfallen.

Blutentnahmen sind bei diesem erstbeschriebenen Thiere wiederholt vorgenommen, und zwar regelmässig aus der Randvene eines Ohres 10 ccm. Die mit dem abgeschiedenen Serum angestellten Versuche vom 10. VII. und 21. IX. 93 sollen genauer beschrieben werden. Das Blut zu dem erstgenannten Termin war am 5. VII. unmittelbar vor der letzten Einspritzung Frohnert'scher Cholera entnommen worden:

Nr.	Gewicht	Temp. vor d. Inject	Menge Serum	1 Std. später	Temperatur nach 1 Std.	3 Std.	5 Std.	7 Std.	Nächsten Morgen
1	420 g	38,6	0,5 ccm	1/2 Chol.Ag.C. Massauah 24 St. alt i. p.	38,9	37,6	37,2	37,4	38,8
2	372 „	38,7	0,1 „	do.	38,6	36,2	35,0	35,0	38,1
3	550 „	38,5	0,05 „	do.	38,6	37,0	35,8	35,5	39,2
4	379 „	38,7	0,01 „	do.	37,5	34,0	—	33,4	†
5	460 „	38,4	0,005 „	do.	37,9	36,0	—	35,1	†
6	411 „	38,4	0,001 „	do.	39,6	37,0	—	32,8	†
7	622 „	38,2	—	1/2 do.	37,6	34,2	—	33,1	†
8	670 „	38,5	—	1/4 do.	37,3	35,8	—	†	
9	710 „	38,5	—	1/8 do.	38,2	36,5	—	34,6	†

Gegen die etwa doppelte tödtliche Dosis schützt also 0,05 ccm des Blutserums dieses Kaninchens. Bei weitem kräftiger war die Wirkung des Serums am 21. IX., das am 18. IX. entnommen war:

Nr.	Gewicht	Temp. vor d. Inject.	Menge Serum	1 Std. später	Temperatur nach 2 Std.	4 Std.	6 Std.	8 Std.	Nächsten Morgen
1	575 g	38,8	0,05 ccm	1/8 Chol. Ag. C. Massauah 24 St. alt i. p.	37,5	36,9	36,6	36,2	39,0
2	600 „	38,7	0,01 „	do	37,7	37,2	36,4	36,2	39,0
3	610 „	38,6	0,005 „	do.	36,9	36,5	35,6	35,7	39,2
4	580 „	38,4	0,001 „	do.	38,8	37,0	36,2	36,0	38,2
5	550 „	38,4	0,0005 „	do.	39,6	37,2	36,0	35,5	38,0
6	570 „	38,5	0,0001 „	do.	39,3	37,5	36,5	36,4	38,7
7	505 „	38,4	0,0001 „	do.	36,2	35,5	34,5	34,0	37,9
8	420 „	38,6	0,00005 „	do.	37,3	36,5	36,0	34,0	†
9	590 „	38,7	0,00005 „	do.	37,2	36,9	36,5	33,2	†
10	510 „	38,5	—	1/4 do.	39,0	37,2	36,9	32,0	†
11	490 „	38,3	—	1/8 do.	40,1	37,8	36,4	33,0	†
12	530 „	38,1	—	1/16 do.	39,3	37,0	36,1	34,5	†

Von diesem ausserordentlich wirksamen Serum standen mir noch über 4,0 ccm zur Verfügung, mit denen ich am folgenden Tage folgenden Versuch machte:

Nr.	Gewicht	Temp. vor d. Inject.	Menge	Temperatur nach 2 St.	4 St.	4 1/2 St.	6 St.	8 St.	Ausgang
1	807 g	38,3	1/4 Chol. Ag. C. Massauah 24 Std. alt i. p.	38,0	36,4	—	35,0	34,7	† Nachts
2	970 „	38,6	do.	37,6	35,5	1,0 ccm Serum	33,0	36,7	39,7 lebt
3	790 „	38,7	1/8 do.	38,2	36,0	—	35,1	35,0	† Nachts
				1 Std. später	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	
4	575 „	38,4	3,0 ccm Serum i. p.	Magenimpf. (5,0 Sodalös. 5,0 24 st. Ch. B. C., 2,5 ccm Tinct. Op i. p.)	33,5	33,0	30,0	25,0 †	

Bei dem letzten Thier konnte man sich durch den Augenschein und durch Culturen überzeugen, dass es an typischer Meerschweinchen-Darmcholera eingegangen war. Eine Verletzung der Luft- und Verdauungswege liess sich nicht nachweisen.

Das Blutserum des Kaninchens vom 18. IX. war, wie aus den mitgetheilten Versuchen hervorgeht, mindestens ebenso wirksam, wie dasjenige, welches man von Cholera-Reconvalescenten in der günstigsten Zeit zu gewinnen vermag. Dasselbe hatte auch, wenn man so sagen will, heilende Eigenschaften gegen interperitoneale Infection der Meerschweinchen: es gelang, ein Thier noch vier Stunden nach Injection einer kräftigen Dosis, als die Temperatur desselben schon um 3° C. gesunken war, zu heilen, und zwar in verhältnissmässig kurzer Zeit. Aber ausser dieser einen Eigenschaft hatte das Kaninchenserum auch die zweite mit dem Serum von Cholera-Reconvalescenten gemeinsam, dass es selbst in verhältnissmässig grossen Dosen auch nicht den geringsten Effect auf eine nachfolgende Mageninfection ausübte. Das inficirte Thier ging prompt mit rapidem Temperatursturz ein.

Mit Obigem soll durchaus nicht gesagt sein, dass das Kaninchenserum auch sonst mit dem von Cholera-Reconvalescenten übereinstimmte; im Gegentheil habe ich die feste Ueberzeugung, wie noch auszuführen sein wird, dass das letztere noch andere, bisher nicht erkannte oder erkennbare Eigenschaften besitzt, welche wir einem Kaninchenblut durch noch so oft wiederholte intraperitoneale Cholerabacterien-Injection nicht werden verleihen können.

Auch diese Ergebnisse stimmen genau überein mit allen in jüngster Zeit veröffentlichten Berichten über Cholera-Immunisirungsversuche. Es sei noch mitgetheilt, dass wir auch Versuche angestellt haben, durch Fütterung von Meerschweinchen und Kaninchen mit Cholerabacterien Immunität gegen die Darmcholera der erstgenannten Thiere zu erzielen; dass wir z. B. einigen Kaninchen nach jedesmaliger reichlicher Alkaligabe geradezu enorme Mengen von Cholerabacterien zu immer wieder-

holten Malen in den Darmkanal gebracht haben, ohne dass es bisher — die Versuche dauern über ein Jahr lang — gelungen wäre, in dem immer wieder geprüften Blutserum dieser Thiere auch nur eine Spur von immunisirenden Eigenschaften nachzuweisen; auch nicht einmal gegen intraperitoneale Infection. Die Versuche dieser Art an Meerschweinchen wurden derart angestellt, dass den Thieren zunächst einige grosse Dosen Cholerabacterien — 4 bis 5 Agarculturen beim ersten, das zwei- und dreifache beim zweiten und dritten Mal etc. — in den nicht vorbehandelten Magen mit der Schlundsonde gebracht wurden. Die Thiere zeigten Temperaturerniedrigung um 1—1,5° C., die sich schnell wieder ausglich. Nach einigen Fütterungen wurde dann mit geringen Mengen Alkali eine theilweise Abstumpfung der Magensäure zu erzielen gesucht, ehe das Bacterienmaterial eingeflösst wurde. Allmählich steigerte man dann die Alkalimengen in den folgenden Versuchen. Der Erfolg war immer derselbe. Sobald der Alkaligehalt der Sodalösung plus dem der Nährlösung genügte, die Magensäure völlig abzutödten und lebende Cholerabacterien in grösserer Zahl in den Darmkanal gelangen zu lassen, starben die Versuchsthiere sofort unter den bekannten Erscheinungen, ohne die geringste Verzögerung des Krankheitsverlaufes. Erwähnt sei noch, dass weder bei den Meerschweinchen, noch bei den Kaninchen dieser Versuchsreihen trotz wiederholten Suchens Kommabacillen in den Platten aus den Faeces nachgewiesen werden konnten, wenn die Thiere am Leben blieben, obgleich bei einzelnen derselben acht Tage lang nach der Impfung jeden Tag die Untersuchung vorgenommen wurde.

III. Ueber die specifische Bedeutung der intraperitonealen Choleraimpfung.

Schon von anderer Seite[1]) ist in jüngster Zeit darauf hingewiesen worden, dass die meisten Arbeiten über das oben (im 2. Theil) behandelte Thema, soweit sie jüngeren Datums sind, in ihren Ergebnissen negativ ausgefallen sind, dass aber die

1) Voges, Ueber intraperitoneale Cholerainfection der Meerschweinchen. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XVII, S. 1.

Autoren mit seltener Einmüthigkeit der Versuchung widerstanden haben, die sich aus ihren Experimenten ergebenden Schlüsse zu ziehen. Darüber freilich herrscht wohl nirgends mehr ein Zweifel, dass es nicht gelingt, durch Schutzimpfung gegen Cholerabacterien einen Schutz gegen asiatische Cholera zu erzielen. Diese Thatsache wird um so allgemeiner anerkannt werden müssen, als die gegentheiligen Angaben Klemperer's[1]) vereinzelt dastehen und keine weitere Stütze erhalten haben. Aber über die Gründe für dieses Misslingen hütet man sich fast allgemein, etwas verlauten zu lassen. Und doch liegt in den Klein'schen Experimenten[2]) für Jeden, der sehen will, der Schlüssel für die Erfolglosigkeit aller Bemühungen. Durch Klein's und Sobernheim's[3]) Versuche ist einmal ganz sicher festgestellt, dass der intraperitonealen Cholerainfection der Meerschweinchen, die auf Grund der R. Pfeiffer'schen Untersuchungen auch von R. Koch als integrirender Bestandtheil der bacteriologischen Choleradiagnose angesehen wurde, eine specifische Bedeutung nicht zukommt. Wenn bisher für völlig gleichgültig gehaltene Bacterienarten, in denselben oder sogar geringeren Dosen wie frisch aus dem Darm gezüchtete Choleraculturen, Meerschweinchen intraperitoneal eingespritzt, dasselbe Krankheitsbild, denselben Befund hervorrufen wie die letztgenannten; so hat eben dieser Theil der bacteriologischen Choleradiagnose jede differentialdiagnostische Bedeutung verloren. Man kann sich nur wundern, dass nicht schon vor Veröffentlichung der ersten Pfeiffer'schen Versuche über intraperitoneale Cholerainfection diese so nothwendigen Controlexperimente in ausreichender Weise gemacht sind und dasselbe Resultat ergeben haben. Zweitens aber ist durch die Klein-Sobernheim'schen Untersuchungen bewiesen, dass genau dieselben Veränderungen im Thierkörper, welche bei Immunisirungsversuchen gegen Cholerabacterien erzeugt werden,

1) G. Klemperer, Berl. klin. Wochenschr. 1892, Nr. 32 ff.

2) Klein, Die Anticholeravaccination. Centralbl. f. Bacteriologie und Parasitenkunde, 1893, S. 426.

3) Sobernheim, Zur intraperitonealen Cholerainfection des Meerschweinchens. Hygien. Rundschau 1893, S. 22.

auch mit einer Reihe anderer zum Theil indifferenter, zum Theil pathogener Bacterien zu erhalten sind. Man ist daher genöthigt, die Bezeichnung »Choleraimmunität« für diesen veränderten Zustand des Thierkörpers fallen zu lassen und sich nach einer weniger specifischen Benennung dafür umzusehen.

Im Gegensatz zu dieser Anschauung sucht R. Pfeiffer in zwei Abhandlungen: »Studien zur Choleraätiologie«[1]) und »Ueber die specifische Bedeutung der Choleraimmunität«[2]) den Beweis zu führen, dass die Klein'schen Angaben die Specifität der intraperitonealen Cholerainfection und Choleraimmunität nicht tangiren.

Aus der erstgenannten Arbeit erfahren wir zunächst, dass Pfeiffer schon bei Drucklegung seiner Arbeiten über das Choleragift wusste, »dass andere Vibrionen scheinbar das gleiche Vergiftungsbild hervorbringen können« wie die Kommabacillen der Cholera. Warum diese so äusserst wichtige Thatsache damals kaum mitgetheilt wurde, ist nicht ersichtlich. Unmöglich kann das eine, in jener Arbeit erwähnte, mit Vibrio Finkler-Prior vergiftete Meerschweinchen eine Andeutung dieser Thatsache sein. Weiter stellt Pfeiffer sich zunächst einmal auf den gegnerischen Standpunkt und meint, dass, wenn dieser richtig sei, an die Stelle der Specifität seiner Choleratoxine die Specifität der pathogenen Wirkung der Cholerabacterien auf den Darmtractus des Menschen zu treten habe. So zweifellos richtig das letztere ist, so ist damit doch keine Spur von Gegenbeweis gegen die von Klein festgestellten Thatsachen gegeben. Später stellt Pfeiffer folgende Forderungen für eine Anerkennung der von Klein und Sobernheim beobachteten Resistenz der Meerschweinchen als »echte Choleraimmunität« auf: 1. Muss die so erzielte Schutzwirkung dauernd sein und 2. muss das Blut in einem bestimmten Zeitabschnitt die specifischen Antikörper der Cholera enthalten. Auf diese beiden Forderungen wird späterhin zurückzukommen sein.

1) R. Pfeiffer, Studien zur Choleraätiologie. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XVI, S. 268 ff.

2) R. Pfeiffer und Issaeff, Ueber die specifische Bedeutung der Choleraimmunität. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XVII, S. 355 ff.

In der zweiten der oben erwähnten Arbeiten ist es Pfeiffer gelungen, die Spreu von dem Weizen zu trennen. Diese Arbeit wird voraussichtlich noch eine Zeit lang für kritische Gemüther eine ergiebige Quelle zu kaum zurückzuweisenden Angriffen gegen die Pfeiffer'schen Darlegungen sein. Um aus der Fülle der anregenden Angaben das Wichtigste herauszunehmen: Die Choleratoxine, jene durch chemische und physikalische Einflüsse aus den Protoplasmasubstanzen der Cholerabacterien künstlich hergestellten giftigen Stoffe, deren Zusammenhanglosigkeit mit asiatischer Cholera schon allein dadurch erwiesen war, dass das Blut von Cholera-Reconvalescenten keine Spur einer Beziehung zu denselben zeigte — diese Choleratoxine sind nunmehr endgültig als abgethan zu betrachten. Die Massauah-Cholera nämlich, jene Art von Vibrionen, mit denen Pfeiffer hauptsächlich seine Untersuchungen über das Choleragift angestellt hatte, sind, da sie dem, was zu beweisen war, sich nicht fügten, zur Spreu gestossen und ihrer bisherigen Würde als Cholerabacterien für verlustig erklärt. Damit ist in jedem Fall die specifische Bedeutung dieser Toxine für Cholera erledigt, mögen dieselben auch von echten Cholerabacterien erhalten werden oder nicht.

Im Uebrigen dient die zweite Arbeit als Ergänzung der ersten, insofern die in letzterer aufgestellten beiden Forderungen als unerfüllbar hingestellt werden. Es ist Pfeiffer nicht gelungen, an Meerschweinchen, bei welchen mehr als zehn Tage seit der letzten Vorbehandlung mit irgend einer der folgenden vier Bacterienarten: Typhus, Proteus, Bact. coli und Pyocyaneus, verflossen waren, eine Resistenz gegen die Impfung mit echter Cholera festzustellen. Es wird das Niemanden wundern, wenn er erfährt, dass die eingespritzten Choleradosen das zehn- bis zwölffache der für Controlthiere angeblich tödtlichen Dosis betragen haben. Des weiteren wird dann in Bezug auf die zweite Forderung festzustellen gesucht, dass das Serum choleraimmunisirter Meerschweinchen neue Thiere nur gegen die nachfolgende Infection mit echter Cholera schützt, während alle anderen Vibrionen in der Lage sind, sich in solchen mit Choleraserum behandelten Thierkörpern dauernd zu vermehren und dieselben in wenigen Stunden zu vernichten.

Es sei mir im Folgenden gestattet, eine Reihe von Versuchen mitzutheilen, die ich im Herbst 1893, bald nach der Klein'schen Veröffentlichung, auf Veranlassung meines hochverehrten Chefs, des Herrn Professor Rubner, dem ich für das dauernde fördernde Interesse an dieser Arbeit auch an dieser Stelle danken möchte, angestellt habe. Wie bei fast allen oben mitgetheilten Versuchen, so ist auch bei diesen die zweite Injection einige, meist zwischen drei und vier Wochen nach der ersten vorbehandelnden Impfung erfolgt. Die Choleraarten, die dabei in Verwendung kamen, waren erstens die alte, seit dem Herbst 1891 von mir im hygienischen Institut fortgezüchtete Laboratoriumscholera, die wahrscheinlich aus Toulon stammt; ferner die berühmte Massauahcholera, deren Eigenschaften völlig mit der von Gruber und Wiener[1]) gegebenen Beschreibung übereinstimmen, mit dem einzigen Unterschied, dass das Fehlen der Nitrosoindolreaction keine konstante Eigenschaft zu sein scheint; und endlich eine Cholera G., eine Cultur, die mein Freund Davids im August 1893 aus einem zur Untersuchung an das Institut gesandten diarrhoischen Stuhl eines bald darauf an Cholera gestorbenen polnischen Arbeiters herausgezüchtet hatte. Die letzte hatte alle typischen Eigenschaften einer echten Choleracultur, theilte jedoch in den ersten Generationen mit der Frohnert-Cultur die Eigenthümlichkeit, die Gelatine ausserordentlich schnell in die Breite zu verflüssigen. Die Culturen des Vibrio Metschnikoff, Finkler-Prior und Deneke, ebenso die des Micrococcus prodigiosus stammen ebenfalls aus der Zeit vor Herbst 1891; nur der erstgenannte hatte zuweilen den Taubenkörper passirt, während die anderen unausgesetzt auf künstlichen Nährböden und zwar etwa alle vier Wochen einmal weitergezüchtet waren. Man kann sich also über ihre schwache Wirkung nicht wundern. Viel stärker war dieselbe bei der erst kürzlich in Reincultur gewonnenen Vibrionenart, dem Danubicus, der wie aus der jetzt folgenden Tabelle ersichtlich, einen äusserst deletären Einfluss auf Meerschweinchen ausübte.

---

1) Gruber u. Wiener, Cholerastud. I. Arch. f. Hyg., Bd. XV, S. 242 ff.

Bacterienart	Nr.	Gewicht	Temperatur vorher	Menge d. Cultur bei der Vorbehandlung Ort der Einspritzung	Temperatur nach Stunden 2	4	6	8	19	Mit Bacterienart inficirt nach Tagen 2. Bact.-art	Tage	Dosis	Temperatur nach Stunden 2	4	6	8	19	Erfolg	Minimaldosis der zweiten Bacterienart Controlthiere
Prodigiosus	1	456 g	38,2	1/2 4 tāg. bei 20°C. gez Ag. C. i. p.	39,0	37,4	35,2	29,0	†										
»	2	520 »	38,4	1/5 wie bei 1 i. p.	38,9	39,5	37,0	35,0	†										
»	3	330 »	38,3	1/10 wie bei 1 i. p.	38,3	35,2	33,5	30,0	†										
»	4	362 »	38,4	1/20 wie bei 1 i. p.	38,9	39,0	38,8	37,2	39,2	Cholera G.	16	1/2 Ag. C. 24St.a. i.p.	38,1	34,0	35,0	35,5	37,7	lebt	1/4
»	5	406 »	38,5	1/5 wie bei 1, Culturaufschwemmung 1 mal aufgekocht i. p.	37,1	34,0	33,0	32,0	†										
»	6	404 »	38,3	1/10 wie bei 5 i. p.	38,8	34,0	34,0	33,5	†										
»	7	370 »	38,5	1/2 wie bei 1 subc.	39,0	39,6	39,5	38,9	38,6	»	21	»	37,2	35,5	37,0	38,7	38,6	lebt	1/4
»	8	390 »	38,5	1/5 wie bei 1 subc.	38,6	39,2	37,4	37,0	39,4	»	13	»	37,9	35,6	34,8	32,0		†	1/4
Metschnikoff	9	510 »	38,5	1/2 24 St. alt Ag.C. bei 37° C. gez. i. p.	36,9	37,2	36,5	35,0	†										
»	10	550 »	38,6	1/4 wie bei 9 i. p.	39,3	39,6	37,5	36,0	†										
»	11	480 »	38,7	1/6 wie bei 9 i. p.	39,1	39,3	37,3	36,4	38,4	»	20	1/2 Ag. C 24St.a. i.p.	36,9	36,7	36,0	—		†	1/6
											20								
»	12	500 »	38,3	1/12 wie bei 9 i. p.	39,0	39,4	37,2	36,3	37,9	»		»	37,6	37,0	36,5	—	34,6	†	1/6
»	13	375 »	37,6	1/20 wie bei 9 i. p.	38,2	38,0	37,9	—	38,0	»	26	»	37,2	36,4	35,6	34,9		†	1/6
Danubicus	14	560 »	38,0	1/5 24 St. alt. Ag. C. bei 37° C. gez. i. p.	39,0	37,4	35,9	—	†										
»	15	570 »	38,1	1/10 wie bei 14 i. p.	38,9	36,9	35,5	—	†										
»	16	350 »	37,8	1/20 wie bei 14 i. p.	37,7	37,4	37,1	—	36,9†										
»	17	490 »	38,1	1/40 wie bei 14 i. p.	39,2	37,5	36,8	—	38,6	»	22	»	37,1	36,5	36,0	—		†	1/6
»	18	600 »	38,4	1/60 wie bei 14 i. p.	38,8	37,1	36,6	—	37,9	»	22	»	38,8	36,9	37,0	—	38,5	lebt	1/6
»	19	325 »	38,0	1/80 wie bei 14 i. p.	36,5	36,7	37,4	—	38,0	»	22	»	36,9	36,2	36,9	—	38,0	lebt	1/6
Berolinensis	20	490 »	38,0	1/10 24 St. alt. Ag. C. bei 37° C. gez. i. p.	38,8	37,1	36,0	—	34,9†										

Bacterienart	Nr.	Gewicht	Temperatur vorher	Menge d. Cultur bei der Vorbehandlung Ort der Einspritzung	Temperatur nach Stunden 2	4	6	8	19	Mit Bacterienart inficirt nach Tagen 2. Bact.-art	Tage	Dosis	Temperatur nach Stunden 2	4	6	8	19	Erfolg	Minimaldosis der zweiten Bacterienart für Controlthiere
Berolinensis	21	450 g	37,5	1/20 wie bei 20 i.p.	38,7	38,1	38,4	38,6	38,4	Cholera G.	27	1/4 Ag. C. 24St.a. i.p.	36,7	36,1	35,3	35,4	35,5	lebt	1/8
Finkler-Prior	22	475 »	38,4	1/5 24 St alt. Ag. C. bei 37° C. gez. i. p.	38,8	37,2	36,1	—	37,0	»	26	»	36,8	36,4	35,6	—	34,5	†	1/8
»	23	294 »	37,2	1/20 wie bei 22 i.p.	35,5	36,7	37,6	—	38,1	»	26	»	39,2	38,2	37,1	—	37,8	lebt	1/8
Aquatilis (Günther)	24	370 »	37,1	1/20 24 St. alt. Ag. C. bei 37° C. gez i. p.	38,7	38,2	37,9	—	37,7	»	26	»	38,9	37,0	35,1	35,3	37,8	lebt	1/8
Deneke	25	425 »	37,7	1/20 48 St. alt. Ag. C. bei 22° C. gez. i. p.	38,0	37,7	37,4	—	37,7	»	26	»	37,2	36,2	35,4	35,0	37,2	† nach 6 Tagen	1/8
Dunbar	26	360 »	37,3	1/20 24 St. alt. Ag. C. bei 37° C. gez. i. p.	38,5	38,0	37,9	—	38,2	»	26	»	37,7	36,9	35,8	35,6	37,8	lebt	1/8
Stolper nicht verfl.	27	380 »	37,6	1/10 24 St. a. Ag. C. bei 37° C. gez. i.p.	37,9	37,6	37,5	—	38,0	»	26	»	39,0	37,1	36,0	35,8	37,2	lebt	1/8
Weibel	28	350 »	37,0	1/10 48 St. alt. Ag. C. b. 22° C. gez. i.p.	38,0	38,4	38,1	37,9	38,2	»	27	»	37,5	36,7	35,9	35,6	34,5	†	1/8
Cholera (Toulon ?)	29	485 »	37,3	1/5 24 St. alt. Ag. C. bei 37° C. gez. i.p.	39,5	39,0	38,5	—	37,5	Cholera Massauah	25	1/3 Ag. C. 24St.a. i.p.	36,9	36,0	35,1	35,0	37,6	lebt	1/6
»	30	571 »	37,8	1/5 wie bei 29 i.p.	39,0	39,5	38,3	—	37,9	Danubicus	21	1/5 Ag. C. 24St.a. i.p.	37,9	38,2	37,0	36,8	37,9	lebt	1/10
»	31	490 »	38,2	1/5 wie bei 29 i.p.	37,9	38,2	37,9	—	38,0	Prodigiosus	30	1/4 Ag. C. 48St.a. i.p.	38,9	37,5	36,0	35,9	36,0	†	1/8
»	32	478 »	38,2	1/3 wie bei 29 i.p.	39,0	37,1	36,0	35,8	37,2	»	30	»	37,6	37,0	36,5	35,8	37,4	lebt	1/8
»	33	452 »	38,2	1/3 wie bei 29 i. p.	37,9	37,0	36,2	35,4	†										
Cholera Massauah	34	539 »	38,7	1/5 24 St. alt Ag. C. bei 37° C. gez. i.p.	36,7	36,1	35,3	35,4	35,5	Danubicus	30	1/5 Ag. C. 24St.a. i.p.	37,8	37,0	36,5	36,7	37,8	lebt	1/10

Aus diesen Thierexperimenten geht zunächst in Bestätigung der Klein'schen Versuche hervor, dass Bacterienarten, die bisher für völlig indifferent gehalten waren, zum Theil in ausserordentlich geringen Mengen, die in einigen Fällen weit niedriger sind als die tödtlichen Dosen mancher von uns frisch aus Cholerastühlen isolirten und frisch geprüften echten Choleraculturen, genau dasselbe Krankheitsbild bei Meerschweinchen nach intraperitonealer Injection hervorzurufen vermögen, wie der Vibrio Koch. Auch die aus der Tabelle nicht erkennbaren Erscheinungen, Muskelschwäche, Umfallen, waren genau dieselben. Der pathologisch-anatomische Befund und der sich aus den Impfungen mit den Körpersäften ergebende Bacteriengehalt waren in nichts unterschieden von den Befunden, die von mit Cholera geimpften Thieren erhalten werden. Bauchhöhlenexsudat, Brusthöhlenserum und Blut enthielten massenhaft die geimpften Keime, auch in den Fällen von Prodigiosus-Impfung, wo das Impfmaterial einmal aufgekocht war.

Vor allem aber geht aus diesen Versuchen hervor, dass es noch nach 16—27 Tagen gelingt, einen ziemlichen Grad von Widerstandsfähigkeit gegen intraperitoneale Cholerainjection bei diesen Thieren nachzuweisen, vorausgesetzt, dass man die Dosen der Cholerabacterien nicht zu hoch wählt. In unseren Versuchen wurde stets das Doppelte der von gleich schweren Controlthieren eben nicht mehr vertragenen Dosis eingespritzt. Ferner scheint aus einigen Fällen (Nr. 7 und 8; 17—19; 31 und 32) hervorzugehen, dass die Grösse der vorbehandelnden Culturmenge einen bestimmenden Einfluss auf das Vorhandensein oder Fehlen der Widerstandsfähigkeit ausübt. Die an den Thieren beobachteten Temperaturen sind allerdings sehr niedrige, aber das einzig ausschlaggebende Kriterium ist doch schliesslich, dass sie am Leben bleiben.

Mit diesen Experimenten ist also der Nachweis geführt, dass die Resistenz der mit gleichgiltigen Bacterienarten intraperitoneal geimpften Thiere gegen »Choleraintoxication« nicht nur drei bis zehn Tage anhält, also auf gewisse Veränderungen des Bauchfells zu beziehen ist, sondern dass dieselbe eine dauernde ist,

soweit man eine Dauer bei diesen Vorgängen verlangen kann. Es ist oben mitgetheilt, dass auch bei der »echten Choleraimmunität«, bei Vorbehandlung mit Choleraculturen, die Resistenz von der vierten Woche an in unseren Versuchen abzunehmen schien. Wenn Pfeiffer diese bei unseren Thieren nachgewiesene Widerstandsfähigkeit als wahre Immunität auffasst, so ist nach einem seiner Sätze der letzten Arbeit (S. 357) nicht mehr an der Gleichheit der in den verschiedenen Bacterienarten enthaltenen Giftsubstanzen zu zweifeln.

Der einzige Organismus, bei welchem in zahlreicheren Versuchen eine »Immunität« nicht nachgewiesen werden konnte, ist der Vibrio Metschnikoff, und ich bin nach den Ergebnissen dieser und anderer Thierversuche geneigt zu glauben, dass in der That diesem Mikroorganismus, nicht aber dem Vibrio der Cholera asiatica andersartige Giftstoffe inne wohnen, als dem Prodigiosus, dem Proteus, dem Heubacillus und anderen. Mit dieser Anschauung würden auch die neuen Pfeiffer'schen Ergebnisse im Einklang stehen.

Weiter geht nun aber aus der Tabelle hervor, dass es auch gelingt, durch vorherige Impfung von Choleraculturen Versuchsthiere gegen Prodigiosus, Danubicus, Cholera Massauah für längere Zeiträume zu festigen. Nach unseren bisherigen Anschauungen können wir uns hierüber keine andere Vorstellung machen, als dass diese Widerstandsfähigkeit sich auch in den Körpersäften der Thiere, speziell im Blutserum derselben, wird nachweisen lassen, vorausgesetzt, dass die Thiere genügend hoch immunisirt sind, dass genügende Mengen des Serums den neuen Thieren eingespritzt werden, und dass diese letzteren nicht gleich mit dem 9—12fachen der für Controlthiere tödtlichen Minimaldosis der zweiten Bacterienart infizirt werden. Solche Versuche mit Choleraserum sind bisher nicht bei uns gemacht worden, aber mir scheint die obige Argumentation so selbstverständlich, so einleuchtend zu sein, dass ich es für unwesentlich halte, auch noch dies letzte Glied in der Kette der Beweise für die Unhaltbarkeit der Pfeiffer-schen Anschauungen einzufügen. Die specifische Bedeutung der

»intraperitonealen Cholerainfection und Immunität« ist nach meiner Ansicht endgültig abgethan. Wer sich ferner mit der Wirkung von weitverbreiteten Bacterienproteïnen auf das Bauchfell und die Körpersäfte von Meerschweinchen beschäftigen will dem kann natürlich Niemand wehren, und schliesslich ist es auch nicht ganz uninteressant, zu erfahren, was für Vorgänge sich dabei innerhalb des Peritoneums abspielen. Aber man soll nicht von Anderen weiter den Glauben verlangen, dass diese Dinge mit der menschlichen Cholera auch nur das Geringste zu thun haben oder unser Wissen über diese Krankheit in etwas fördern könnten.

Als ob durch das Fallenlassen der specifischen Bedeutung dieser Vorgänge die ätiologische Rolle der Koch'schen Kommabacillen für die Erzeugung der asiatischen Cholera auch nur im Geringsten beeinträchtigt würde! Pfeiffer hat sich ja selbst diesmal auf das Vorhandensein des menschlichen Darmtractus besonnen. Der menschliche Dünndarminhalt ist eben immer noch keine alkalische Peptonlösung. Warum soll man nicht hoffen, durch grössere Berücksichtigung der Zusammensetzung dieses natürlichsten Nährbodens für Cholerabacterien weitere Aufschlüsse oder zunächst nur Fingerzeige für einen weiteren Weg zur Auffindung des Choleragiftes zu erlangen, des chemischen Körpers, der in schweren Krankheitsfällen ein so prägnantes Vergiftungsbild hervorruft?

Zweierlei möchte ich am Schlusse dieser Arbeit noch kurz hervorheben. Es ist bisher immer, auch in den obigen Versuchen, stillschweigend angenommen worden, dass zum Beweise einer erlangten Immunität gegen Cholera es gelingen müsse, mit dem immunisirenden Agens Meerschweinchen gegen intrastomachale Infection zu schützen. Nichts zwingt uns eigentlich, eine völlige Identität der menschlichen Choleraerkrankung und dieser künstlich mit vielen Umständen erzeugten Vergiftung der Meerschweinchen anzunehmen. Wohl aber sprechen eine Reihe von Gründen dagegen. Es wäre ja auch möglich, dass in dem Darm der Meerschweinchen die zur Erzeugung jenes eigentlichen Choleragiftes nothwendige Umwandlung gar nicht vor sich geht, da es

z. B. nicht gelingt, mit dem Blut von Cholrareconva
einen Schutz der Meerschweinchen gegen intrastomachale
zu erzielen. Man wird daher vielleicht in Zukunft zu
Methoden greifen müssen, um den Beweis einer g
Schutzimpfung zu führen.

Andererseits ist es durchaus nicht etwa nöthig, a
Umstand, dass es gelingt, mit dem Blute solcher Re
centen gegen die intraperitoneale, intravenöse etc. Inf
festigen, nun zu schliessen, dass Bacterienleiber und C
identisch seien, dass beide Begriffe sich völlig deckten.
asiatischen Cholera können sich gewiss ähnliche Sto
produkte der Kommabacillen, wie wir sie bisher in al
Peptonlösungen haben bilden gesehen, erzeugen, es könn
massenhaft abgestorbene und aufgelöste Cholerabacteri
im Darme vorhanden sein. Beide Stoffe würden vom
resorbirt werden, und wie sollte man sich dann wundern
das Blut solcher Personen nachher stark immunisirende
schaften gegen die Vibrionen besässe? Aber ausser
»Toxalbuminen« können doch auch noch andere Körper h
Giftigkeit im Darme gebildet werden, die die Ursache der
eintretenden Todesfälle sind, und gegen welche sich viel
auch Schutzstoffe im Blute Choleragehеilter nachweisen l
Haben wir solche Giftstoffe in der Hand, dann wird es Zeit
die Versuche über Immunisirung gegen Cholera von neuem
zunehmen; dann wird sich auch endgültig entscheiden lassen
es überhaupt eine Immunität gegen die Cholera gibt, und
dieselbe durch Blutserum übertragbar ist.

ap

Tafel I.

9.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	51.
11. 92	26. 12. 1892	22.12. 1892	22.12. 1892	9. 1. 1893	12. 1. 1893	3. 6. 1893	21. 6. 1893	21. 6. 1893
1	485	170	180	200	235	620	342	310
8,4	38,2	37,9	38,3	38,5	38,3	38,0	38,4	38,8
0 Ch. C. Std. lt 8,4 7,2 6,5 5,5 6,4 7,3 8,4 5	5 1½ A 24	450 ½ Ch. Ag. C. 24 Std. alt 38,4 — 35,5 35,0 — 36,0 37,0 —40 3.	302 1 Ch. Ag. C. 24 Std. alt 38,2 — 34,8 32,0 — †	501 ½ Ch. Ag. C. 24 Std. alt 38,5 — 35,3 35,0 — 34,8 35,3 —37 3.				
3 Ch. C. Std. lt 25½ 28,5	1/ A 24	350 ½ Ag. Ag. C. 24 Std. alt 28½ 27,0	Wie bei Nr. 45	Wie bei Nr. 45				

Druck von R. Oldenbourg in München.

Ueber einige Arten von Wasserbacterien, die auf der Gelatineplatte typhusähnliches Wachsthum zeigen.

Von

Dr. med. A. del Rio
aus Santiago de Chile.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

In seinem Berichte über die Untersuchung des Wassers der Oberspree bei Berlin auf Typhusbacillen hat Günther[1]) angegeben, dass die typhusähnlich wachsenden Colonien, welche bei den erwähnten Untersuchungen auf den mit dem Wasser angelegten Gelatineplatten zur Entwickelung kamen, sich sämmtlich als weder dem Typhusbacillus, noch dem Bact. coli angehörig erwiesen haben. Günther prüfte die verdächtigen Colonien in der Weise, dass er sie in Gährungskölbchen mit Traubenzuckerbouillon übertrug, die dann einer Temperatur von 37° C. ausgesetzt wurden. Unter diesen Bedingungen wächst sowohl der Typhusbacillus wie das Bact. coli commune ausgezeichnet. Beide Bacterienarten trüben im Verlaufe von 24 Stunden die ganze Menge der Bouillon. Dabei bildet das Bact. coli Gas, welches sich in dem geschlossenen Schenkel des Gährungskölbchens ansammelt, während der Typhusbacillus kein Gas bildet. Die oben erwähnten Bacterien aus dem Spreewasser

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XXI, 1894, S. 99.

zeigten nun übereinstimmend die Eigenthümlichkeit, dass sie in den Gährungskölbchen bei Brüttemperatur überhaupt nicht zur Entwickelung gelangten; hiermit war selbstverständlich ohne Weiteres ihre Differenz von dem Typhusbacillus sowohl wie von dem Bact. coli nachgewiesen.

Auf Anrathen des Herrn Dr. Günther habe ich mich nun im Laboratorium des Herrn Professors Rubner mit dem Studium derartiger Wasserbacterien beschäftigt, dessen Ergebnis ich im Folgenden kurz wiedergeben möchte. Zum Vergleich wurde stets auch der Typhusbacillus (Cultur aus der Sammlung des Hygienischen Instituts) und das Bact. coli (aus normalen, menschlichen Fäces gewonnen) in die Versuche einbezogen.

Die Arbeit wurde während des Wintersemesters 1893/94 gemacht.

Auf den Culturplatten, welche ich verschiedentliche Male aus Spree- resp. Havelwasser anlegte, fanden sich bei genauerer Betrachtung drei verschiedene Bacterienarten, deren Colonien in ihrem Aussehen leicht eine Verwechselung mit Bact. coli resp. Bac. typhi abdominalis herbeiführen konnten. Diese drei Arten, über deren Eigenschaften ich im Folgenden berichten will, wurden zum leichteren Verständnis und um jeder Irrung vorzubeugen, mit den Buchstaben a, b und c bezeichnet.

Um über die Eigenschaften dieser drei Organismenarten Näheres zu erfahren, wurden (wie erwähnt, stets unter Vergleichung mit dem Typhusbacillus und dem Bact. coli, die denselben Versuchsbedingungen unterstellt wurden) folgende Punkte studirt:

I. Gelatineplattencultur.

II. Gelatinestichcultur.

III. Agarculturen
  1. bei Zimmertemperatur,
  2. bei 37° C.

IV. Gewöhnliche Bouilloncultur
  1. bei Zimmertemperatur,
  2. bei 37° C.

V. Kartoffelcultur (bei Zimmertemperatur)
  1. auf gewöhnlicher Kartoffel,
  2. auf Sodakartoffel,
  3. auf Essigsäurekartoffel.

VI. Stichcultur in 2%igem Traubenzuckeragar.

VII. Cultur im Gährungskölbchen mit 2%iger Traubenzuckerbouillon
  1. bei Zimmertemperatur,
  2. bei 37° C.

VIII. Gerinnungsprobe der Milch.

IX. Formen und Beweglichkeit der Mikroorganismen a, b und c.

X. Färbbarkeit derselben (Gram'sche Methode).

(Versuch I—X siehe Seite 94—100.)

Versuch I.

	24 Stunden	48 Stunden	4. Tag
Bacillus Typh. abd.	Platte 0., » I., » II. Noch keine merkliche Entwickelung.	Platte 0. Erscheint trübe. Unter dem Mikroskop gesehen, bemerkt man eine Unmenge kleiner runder Pünktchen. Platte I., » II. Noch nichts zu sehen.	Auf den Platten 0, I u. II einige vereinzelte oberflächliche Colonien, welche wie eine kleine Haut erscheinen und unregelmässige Form haben.
Bacterium coli com.	Platte 0. Vollständig besät mit kleinen unregelmässig gezackten Colonien. Platte I. Zeigt kleine, oberflächliche, runde, stark lichtbrechende Häutchen von weisslicher Farbe.	Platte 0. Ausserordentlich confluirende Colonien, welche keine richtigen Grenzen zeigen. Platte I. Wie gestern, nur etwas vergrössert.	Platte II. Die oberflächlichen Colonien haben eine grosse Entwickelung erreicht. Einige erreichen bis 0,5 cm Durchmesser. Unregelmässiger Rand.
Organismus a	Platte 0. Enorme Entwickelung v. Colonien. Platte I. Kleine runde Colonien mit leicht granulirtem Centrum.	Platte II. Wie gestern auf der Platte I.	Platte II. Die oberflächlichen Colonien haben sich enorm entwickelt, einige erreichen bis 1 cm Durchmesser. Die Ränder bleiben unregelmässig wie bei Bact. coli.
Organismus b	Platte 0. Sehr reichliche Colonien, unmöglich einzeln zu beobachten. Platte I., » II Noch gar nichts.	Platte II. Einige wenige Colonien mit unregelmässigen und stark ausgezackten Rändern.	Platte II. Oberflächliche, beinahe zusammenfliessende Colonien, welche 2—3 mm Durchmesser haben. Bilden kleine, durchsichtige, dünne Häutchen mit weissem, milchigen Centrum. Rand nicht so unregelmässig wie bei Bact. coli.
Organismus c	Platte 0. Milchig. Platte I. Zahlreiche kleine rundliche Colonien von stark lichtbrechenden Grenzen. Platte II. Noch nichts.	Platte II. Die oberflächlichen Colonien sind stark gewachsen, von ca. 2 mm Durchmesser. Beinahe runde Formen und gezackte Ränder.	Platte II. Dichte Häutchen 2—3 mm Durchmesser, weissgelbl. Farbe, runde Form, gezackte Ränder.

Gelatineplatten.

5. Tag	6. und 7. Tag
Die oberflächlichen Colonien haben sich ein wenig mehr entwickelt.	Die Colonien erreichen kaum $^1/_3$ cm, während dagegen diejenigen des B. coli wenigstens 1 cm messen. Die Häutchen, welche der Bacillus typhi abdom. bildet, sind feiner und mit dünnerem Rand und weniger unregelmässig als diejenigen des B. coli.
Wie Tags zuvor.	Unter dem Mikroskop zeigen die Typhuscolonien ein geordnetes System von Linien, während die des B. coli gar nichts ähnliches bieten.
Wie Tags zuvor.	Die Farbe des B. coli ist milchig ohne gelbliche Nüance. Das Centrum ist emporgewölbt und von weisser Farbe. Die Colonien vom Mikroorganismus a sind dichter, von weisslicher Farbe mit leichtem gelblichen Ton. Die Colonien des B. coli sind weniger dicht, mit viel feineren Zacken und Streifen wie die des Mikroorganismus a.
Wie Tags zuvor.	Die Häutchen sind weiss getrübt, noch leicht durchsichtig. Centraler Theil dichter, rauh, die Ränder leicht unregelmässig.
Wie Tags zuvor, etwas vergrössert. Ränder unter dem Mikroskop rundlich gezackt.	Wie Tags zuvor, nur etwas trübe.

Versuch II. Gelatinestichcultur.

	48 Stunden	3. Tag	4. Tag
Bacillus Typhi abdom.	Tiefe und oberflächliche Entwickelung.	Hauptsächlich oberflächliche Entwickelung, ein unregelmässig rundes, durchsichtiges Häutchen mit sehr feinen Rändern.	Die Ränder der Häutchen erscheinen heller und durchsichtiger als bei Bact. coli.
Bacterium coli.	Tiefe Entwickelung wie bei Typhus, oberflächliche dünne Häutchen mit einem weissen Centrum.	Häutchen 2—3mal grösser als bei Typhus, erscheint dichter, mit erhobenem weissen Centrum. Rand unregelmässig; Doppelt-Contour nicht so bemerkbar.	Wie Tags zuvor.

Versuch III und IV. Agar- und Bouilloncultur

	Nach 24 Stunden				Nach	
	Zimmertemperatur		Bei 37°		Zimmertemperatur	
	Bouillon	Agar	Bouillon	Agar	Bouillon	Agar
Bac. Typhi abd.	Nichts.	Nichts.	Sehr trübe, mit Sediment u. Häutchen.	Es fängt die Entwickelung an.	Leicht getrübt.	Entwickelung kaum sichtbar.
Bacterium coli.	Allgemeine Trübung.	Sehr schwache Entwickelung.	Grosse allgemeine Trübung, leichtes Sediment.	Zahlreiche Entwickelung.	Trübung, Sediment.	Reichliche Entwickelung.
Organism. a	Schwache allgemeine Trübung.	Reichliche Entwickelung.	Sehr schwache Trübung.	Sehr starke Entwickelung.	Allgemeine Trübung u. leichtes Sediment.	Zahlreiche Entwickelung.
Org. b	›	Schwache Entwickelung.	Keine Veränderung.	Nichts.	Allgemeine Trübung, Sediment.	Starke Entwickelung.
Organ. c	›	Starke Entwickelung.	Sehr schwache allgemeine Trübung.	Starke Entwickelung.	Leichte Trübung, wenig Sediment.	Sehr starke Entwickelung.

Fortsetzung zu Versuch II. Gelatinestichcultur.

	48 Stunden	3. Tag	4. Tag
Organismus a	Zahlreiche Entwickelung wie bei Bacterium coli, wenngleich ohne Häutchen.	Schwache Entwickelung in der Tiefe, Häutchen dicker und unregelmässiger als bei Typhus und Bact. coli. Kein erhobenes Centrum.	Wie Tags zuvor.
Organismus b	Oberflächlich wenig Entwickelung, in der Tiefe wie bei Typhus.	Hauptsächlich oberflächliche Entwickelung. Häutchen so gross wie das des Bact. coli, u. so dünn wie das bei Typhus.	Wie Tags zuvor.
Organismus c	Nicht sehr starke Entwickelung.	Sehr schwache Entwickelung in der Tiefe, auf der Oberfläche nur an den Rändern des Stiches. Kein Häutchen.	Wie Tags zuvor.

bei Zimmer- und Brutschranktemperatur.

48 Stunden		Nach 3 Tagen			
Bei 37°		Zimmertemperatur		Bei 37°	
Bouillon	Agar	Bouillon	Agar	Bouillon	Agar
Grosses Sediment und dickes Häutchen.	Reichliche Entwickelung.	Durch das reichlich deponirte Sediment hat sich die Bouillon etwas geklärt.	Sehr bemerkliche Entwickelung.	Wie am vorherigen Tag.	Sehr. reichl. Entwickelung von milchig weissen Massen sehr glänzend u. etwas durchsichtig.
Allgemeine Trübung, Häutchen, Sediment.	Zahlreiche Entwickelung.	Starke Trübung, wenig Sediment.	Zahlr. Entwickelung von dicken, weissen Massen, wenig glänzend und undurchsichtig.	Trübung stärker als bei Typhus, aber weniger Sediment.	Ebenfalls reichliche Entwickelung.
Sehr leichte, beinahe unmerkbare Trübung, leichtes Sediment.	Zahlreiche Entwickelung, aber nicht so stark wie bei vorhergehender Temperatur.	Schwache Trübung, wenig Sediment.	Sehr starke Entwickelung v. weisslich gelblichen, glänzenden Massen.	Wie Tags zuvor.	Wie bei Zimmertemperatur.
Vollkommen klar, leichtes Sediment.	Nichts.	Starke Trübung, wenig Sediment.	Starke Entwickelung.	Wie Tags zuvor.	Nichts.
Leichte Trübung.	Leichte Entwickelung, aber minder als bei Zimmertemp.	Wie Tags zuvor.	Starke Entwickelung.	Bouillon gänzlich klar, Sediment.	Wie Tags zuvor.

Versuch V. Kartoffelcultur (Zimmertemperatur).

	24 Stunden			3. Tag		
	Gewöhnl. Kartoffel	Sodakartoffel	Essigsäure-Kartoffel	Gewöhnl. Kartoffel	Sodakartoffel	Essigsäure-Kart.
Bacillus Typhi abdom.	Auf der Oberfläche bemerkt man einen eigenthümlichen Glanz.	Nichts.	Nichts.	Glänzende Oberfläche.	Auch glänzende Oberfläche.	Nichts.
Bacterium coli	Kaum bemerkbare Entwickelung.	Sichtbarer glänzender Belag.	Nichts.	Dicker Belag von gelblicher, schmutziger Farbe und öligem Aussehen.	Dicker Belag, leicht gelb gefärbt, wenig glänzend.	Beinahe gar keine Entwickelung.
Mikroorganismus a	Nichts.	Nichts.	Nichts.	Ein weisslich-grauer, schmutziger Belag, ohne Glanz, höckerig.	Wie auf der gewöhnlichen Kartoffel.	Nichts.
Mikroorganismus b	Reichlicher Belag mit dunkler, undurchsichtiger Oberfläche.	Deutlicher Belag, etwas glänzende Oberfläche.	Nichts.	Dicker röthlich-gelber Belag, undurchsichtig.	Dicker Belag, noch etwas gelblicher wie auf der gewöhnlichen Kartoffel.	Nichts.
Mikroorganismus c	Nichts.	Schon bemerklicher Belag, nicht glänzend.	Nichts.	Dicker gelblich-weisser, schmutziger, wenig glänzender Belag.	Wie auf der gewöhnlichen Kartoffel.	Nichts.

Versuch VI. Stichcultur in Agar mit 2% Traubenzucker.

	24 Stunden	48 Stunden	3. Tag
Bacillus Typhi abd.	Deutlich oberflächliche und tiefe Entwickelung.	Wie Tags zuvor.	Wie Tags zuvor.
Bacterium coli commune	Reichlichere Entwickelung als die des Typhus. In der Tiefe haben sich Gase entwickelt, welche das Agar zerrissen haben.	Die Agarmasse ist in verschiedene Theile getrennt.	Wie Tags zuvor.
Mikroorganismus a, Mikroorganismus b, Mikroorganismus c	Hauptsächliche Entwickelung an der Oberfläche.	Wie Tags zuvor.	Wie Tags zuvor.

Versuch VII. Gährungsprobe in Kölbchen (Bouillon mit 2% Traubenzucker).

	a) bei Zimmertemperatur		b) bei 37°	
	24 Stunden	48 Stunden	24 Stunden	48 Stunden
Bacillus Typhi abdom.	Bouillon vollständig trübe.	Noch trüber als gestern, keine Gasentwickelg.	Bouillon vollständig getrübt, kein Gas.	Wie Tags zuvor.
Bacterium coli commune	Bouillon nur getrübt am Halse des Kölbchens.	Noch trüber als bei Typhus. Am geschlossenen Ende sammelt sich das Gas.	Bouillon sehr u. gleichmässig getrübt. Grosse Gasentwickelg., nimmt ein Drittel des Kölbchens ein.	Wie Tags zuvor, noch etwas mehr Gas.
a	Leichte Trübung am Halse des Kölbchens, kein Gas.	Wie Tags zuvor.	Gar keine Veränderung.	Bouillon noch klar, leichte Spur von Sediment, kein Gas.
b	Starke Trübung, nur am Halse. Auf der freien Oberfläche ein dickes Häutchen, kein Gas.	Wie Tags zuvor, noch bemerklicher getrübt.	Keine Veränderung.	Bouillon klar, keine Spur von Sediment, kein Gas.
c	Sehr schwache Trübung am Halse. Keine Gasbildung.	Wie Tags zuvor.	Keine Veränderung.	Bouillon klar, keine Spur von Sediment, kein Gas.

Versuch VIII. Milchprobe (Zimmertemperatur).

	24 Std.	4. Tag	8. Tag	Bemerkungen
Bacillus Typhi abdom.	Nichts.	Nichts.	Nichts.	Nach dem 8. Tag wurde es einer Temperatur von 37° C. ausgesetzt, ohne Gerinnung der Milch nach 24 Stunden.
Bacterium coli commune	»	»	»	Nach dem 8. Tag wurde es einer Temperatur von 37° C. ausgesetzt mit vollkommener Gerinnung der Milch. Ein geimpftes Gährungskölbchen zeigte nach 24 Stunden reichliche Gasentwickelung.
Mikroorganism. a	»	»	»	Nach dem 8. Tag wurden diese drei Organismen einer Temperatur von 28° C. ausgesetzt, wobei gar keine Gerinnung bemerkt wurde.
Mikroorganism. b	»	»	»	
Mikroorganism. c	»	»	»	

Versuch IX. Form und Beweglichkeit.

Bacillus Typhi abdom.	Die bekannten.
Bacterium coli commune	Die bekannten.
Mikroorganismus a	In hängenden Tropfen untersucht, erscheinen die Organismen gleichmässig vertheilt und machen den Eindruck, als ob sie in Zooglöaform wären Diese Organismen haben keine Eigenbewegung. Erscheinen meistens zu je zweien aneinander gereiht und haben ein sehr kurzes stäbchenförmiges Aussehen.
Mikroorganismus b	Mit einer sehr lebhaften Eigenbewegung, hat eine rein bacilläre Form, dünn und lang, eine einzelne, sehr feine und schwer nachweisbare Geissel an einem Ende.
Mikroorganismus c	Keine Eigenbewegung, reine Mikrococcenform. Die Elemente gewöhnlich vereinzelt, aber im hängenden Tropfen ist es nicht selten, Streptococcenformen anzutreffen.

Versuch X. Färbbarkeit nach der Gram'schen Methode.

Mikroorganismen **a**, **b** und **c** entfärben sich bei der Gram'schen Behandlung ebenso wie Bac. Typh. abdom. und Bact. coli commune.

Fasse ich die charakteristischen Eigenschaften der von mir studirten, auf der Gelatineplatte typhusähnlich wachsenden Wasserbacterien, wie sie sich aus den vorstehenden Tabellen ergeben, zusammen, so handelt es sich bei den Mikroorganismen a und b um Bacillen, während c ein Mikrococcus ist.

a ist ein kurzer, plumper, meist in Verbänden zu zweien vorkommender Bacillus ohne Eigenbewegung, welcher auf den gewöhnlichen Nährböden bei Zimmertemperatur gut gedeiht, bei 37° C. etwas schwächer wächst.

b ist ein schlanker, lebhaft eigenbeweglicher Bacillus, welcher die Brüttemperatur völlig verschmäht, nur bei Zimmertemperatur gedeiht.

c ist ein mittelgrosser, einzeln oder in kleinen Ketten anzutreffender Mikrococcus, welcher bei Zimmertemperatur gut, bei Brüttemperatur weniger gut wächst.

Die Differenzirung dieser Organismen von dem Typhusbacillus sowohl wie von dem Bact. coli ist mit Hilfe der Gelatineplatten-Cultur nicht sicher ausführbar; sehr leicht ist sie jedoch, wie bereits Eingangs erwähnt, dadurch zu erreichen, dass man das Material von den Gelatineplattencolonien auf Gährungskölbchen mit Traubenzuckerbouillon überträgt. Werden die geimpften Kölbchen bei Zimmertemperatur gehalten, so tritt (im Gegensatze zu den bei Bact. coli und bei dem Typhusbacillus zu beobachtenden Wachsthumserscheinungen) nur in dem mit dem freien atmosphärischen Sauerstoff in Berührung stehenden Theile des Nährbodens Entwickelung ein; werden die Kölbchen bei Brüttemperatur gehalten, so findet (wiederum im Gegensatze zu den Verhältnissen bei Bact. coli und bei dem Typhusbacillus) überhaupt kein Wachsthum statt.

Ueber die Verbrennungsproducte des Leuchtgases und deren Einfluss auf die Gesundheit.

Von

H. Chr. Geelmuyden.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität in Christiania.)

Nachfolgende Untersuchungen verdanken ihre Entstehung dem Director des Gaswerks in Christiania, Herrn Ingenieur O. Pihl. – Da die Frage nach den gesundheitsschädlichen Wirkungen der Gasbeleuchtung in späterer Zeit wie überall, so auch in Christiania stark discutirt worden ist, und da es ausserdem schien, als ob im grossen Publikum gar übertriebene Vorstellungen von diesen Wirkungen herrschten, so hegte die Direction des Gaswerks einen leicht erklärlichen Wunsch, die Frage durch ein an Ort und Stelle durch experimentelle Untersuchungen gewonnenes Material beleuchtet zu sehen. Dieselbe richtete deswegen an das physiologische Institut die Bitte, es möge untersuchen, inwiefern die Verbrennungsproducte des vom Gaswerk in Christiania gelieferten Leuchtgases die behaupteten schädlichen Eigenschaften wirklich besässen.

Die Frage schien mir von so grossem Interesse, dass ich mich aufgefordert fühlte, meine Beiträge zu ihrer möglichst vollständigen Lösung zu liefern. Ich ging deswegen auf den Wunsch des Herrn Director Pihl ein und stellte eine Reihe Untersuchungen an. Diese erstrecken sich über einen Zeitraum von sechs Monaten, während welchem fast täglich Experimente angestellt wurden.

Nun haben die verschiedenen Punkte der Gasbeleuchtungsfrage schon längst von verschiedenen Hygienikern eine eingehende Bearbeitung gefunden. Die gestellte Aufgabe machte mir es nichtsdestoweniger zur Pflicht, die älteren Untersuchungen zum grösseren Theil zu wiederholen. Theils stammen nämlich die vorliegenden Arbeiten über die Hygiene der Gasbeleuchtung schon aus älterer Zeit, und die Fortschritte, welche die Technik der Gasbeleuchtung gemacht hat, sowohl was Fabrikation als was Anwendung des Gases anbelangt, liessen vielleicht andere, und zwar günstigere Resultate erneuerter Untersuchungen vermuthen, als die schon vorliegenden. Theils ist ja auch das Leuchtgas ein industrielles Product, dessen Zusammensetzung von der Fabrikationsmethode, sowie von dem verwendeten Rohmaterial nicht unabhängig ist, so dass es mir von vornherein nicht zulässig schien, den Resultaten von Untersuchungen, die an anderen Orten und mit anderen Fabrikaten angestellt waren, eine allgemeine Gültigkeit beizulegen.

In der That zeigten mir auch meine Versuchsergebnisse, dass die mit der Wiederaufnahme der älteren Untersuchungen verbundene Arbeit nicht überflüssig gewesen ist. Sie weichen nämlich von den aus früherer Zeit vorliegenden in mancher Beziehung ab. Gerade deshalb durfte ich auch glauben, dass sie allgemeineres Interesse nicht entbehrten und bestimmte mich dazu, sie einem grösseren Leserkreise als dem, welchem sie ursprünglich bestimmt waren, mitzutheilen.

Bevor ich aber zur Beschreibung der einzelnen Versuchsmethoden und deren Ergebnisse übergehe, will ich die Begrenzung der Frage, mit welcher ich mich zu beschäftigen hatte, etwas näher feststellen.

Es handelt sich hier nicht um das unverbrannte Leuchtgas, so wie es sich in den Gasleitungsröhren befindet. Dieses ist in Christiania wie überall sonst wegen seines Gehaltes an Kohlenoxyd ein starkes Gift, wogegen man sich zu schützen hat durch sorgfältiges Ueberwachen, dass die Gasleitungsröhren dicht sind.

Die Verhältnisse, die eintreten, wenn Leuchtgas zum Kochen oder Heizen in Wohnzimmern benutzt wird, sind auch nicht in

unserer Frage mit einbegriffen. Wenn Leuchtgas in dieser Weise angewandt wird, soll nämlich immer dafür gesorgt werden, dass die Verbrennungsproducte durch einen Schornstein oder Aehnliches weggeleitet werden. Sie kommen deswegen, was die Hygiene unserer Wohnräume anbetrifft, nicht in Betracht.

Meine Untersuchungen umfassen nur die Verbrennungsproducte, die gebildet werden, wenn Leuchtgas zur Beleuchtung von Wohnzimmern verwendet wird. Geschieht dies ohne Benutzung von Lampen, die, wie die Siemens'schen und Wenham-schen Gaslampen die Verbrennungsproducte ableiten, so gelangen die Verbrennungsproducte in die beleuchteten Räume.

Halten sich da Menschen auf, so athmen sie die mit der Luft vermischten Verbrennungsproducte ein.

Nun ist es eine alltägliche Erfahrung, dass die Luft in Wohnzimmern, die mit Gas beleuchtet sind, häufig unangenehm und drückend empfunden wird. Sie nimmt einen süsslich-saueren unangenehmen Geruch an, und ich habe Beschwerden darüber gehört, dass Reizung der Kehlkopf- und Rachenschleimhaut eintreten kann.

Dies hat wenigstens zum Theil seinen Grund in einer mangelhaften Verbrennung des Leuchtgases, bei welcher sich verschiedene Kohlenwasserstoffe, vorzugsweise Acetylen, bilden sollen. Wenigstens soll der genannte Geruch, welchen man auch wahrnimmt, wenn ein Bunsenbrenner »durchschlägt«, von diesem Kohlenwasserstoff herrühren. Er wird wahrgenommen, wenn Brenner von altmodischer und unzweckmässiger Construction benutzt werden, oder wenn die ganze Einrichtung beim Aufsetzen der Brenner unzweckmässig angeordnet ist, wenn z. B. die Luftzufuhr im Verhältnis zum Gasverbrauch zu klein ist.

Andererseits werden viele Leute, die bei Gasbeleuchtung arbeiten, es als eine Thatsache hinstellen, dass dies gar nicht mit Unannehmlichkeit verbunden zu sein braucht. Die Verschlechterung der Luft scheint also nicht immer in der Verbrennung von Leuchtgas an und für sich ihren Grund zu haben, sondern muss als ein Fehler betrachtet werden, der, wenigstens

wenn das Gas von guter Qualität ist, mit wenig Mühe und Unkosten entfernt werden kann.

Nun würde selbstverständlich zur Lösung der mir vorgelegten Frage kein werthvoller Beitrag geliefert sein, wenn ich bei meinen Untersuchungen solche altmodische oder schlecht eingerichtete Brenner gewählt und nachgewiesen hätte, dass diese mehr oder weniger gesundheitsschädliche Producte liefern. Dass dies der Fall sein würde, konnte von vornherein vorausgesehen werden und ist in der That auch als nachgewiesen zu betrachten.

Die Frage musste sich vielmehr so stellen: Liefert das am Gaswerke in Christiania producirte Leuchtgas beim Gebrauch von guten Brennern gesundheitsschädliche Verbrennungsproducte?

In dieser Form habe ich mir die Frage gestellt, die mir zur Beantwortung vorlag, und die Antwort ist, so wie sie aus meinen Untersuchungen hervorgeht, für das betreffende Gas sehr günstig ausgefallen.

Meine Untersuchungen umfassen ausschliesslich das Gas, das im Gaswerk in Christiania producirt wird, so wie es in den Gasleitungen in die Stadt geführt wird, unter anderen auch zur Universität. Aus obengenannten Gründen können meine Resultate nicht ohne Weiteres auf Leuchtgas übertragen werden, das von anderen Gaswerken geliefert wird, insbesondere nicht, was die schwefelhaltigen Verbrennungsproducte anbelangt. Deren Menge variirt nämlich erfahrungsgemäss ganz bedeutend selbst bei Gas, das von demselben Gaswerk zu verschiedenen Zeiten producirt wird.

Das Gas, das von dem Gaswerk in Christiania geliefert wird, hat nach Angaben, die von dem Chemiker des Gaswerks, Herrn Mejländer, herrühren, durchschnittlich folgende Zusammensetzung:

Wasserstoffgas	47	Volumprocent
Sumpfgas	36	»
Schwere Kohlenwasserstoffe und Benzol	4	»
Kohlenoxyd	8	»
Kohlensäure	2	»
Stickstoff	2—3	»

Ausserdem finden sich kleine Mengen schwefelhaltiger Substanzen, z. B. Rhodanverbindungen, Senföl und Schwefelkohlenstoff. Die gesammte Schwefelmenge des Leuchtgases macht ca. 0,7 g bis 0,8 g pro m^3 aus, eine Grösse, die ziemlich constant bleibt.

Wenn ein Gemisch von Gasarten von solcher Zusammensetzung vollständig verbrennt, so bildet sich, abgesehen von der kleinen Menge Stickstoff, der wohl zum grössten Theil unverändert bleibt, ausschliesslich Kohlensäure, Wasserdampf und kleine Mengen schweflige Säure, welch' letztere in der feuchten Luft wahrscheinlich sehr bald in Schwefelsäure übergeht. Hierzu kommen noch Spuren von Oxyden des Stickstoffes, die sich erfahrungsgemäss bei jeder Verbrennung in der Luft bilden. Mit Rücksicht auf frühere Untersuchungen musste ich es ausserdem als möglich, ja wahrscheinlich ansehen, dass neben den genannten Substanzen, von denen die Kohlensäure und der Wasserdampf selbstverständlich immer die Hauptmenge der Verbrennungsproducte ausmachen werden, auch andere auftreten können, wenn das Leuchtgas eine mangelhafte Verbrennung erleidet.

Endlich konnte die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, dass im Leuchtgas auch kleine Mengen anderer als der obengenannten Substanzen enthalten sind, welche bei den mit gewöhnlichen technischen Methoden ausgeführten Gasanalysen leicht der Aufmerksamkeit entgangen wären, besonders da sie auf die Leucht- oder Heizkraft des Gases keinen Einfluss üben, während sie doch in hygienischer Beziehung von Wichtigkeit wären. Es wäre z. B. möglich, dass das Leuchtgas Arsenverbindungen enthielte.

Nach den verschiedenen Stoffen, die sich unter den Verbrennungsproducten des Leuchtgases befinden konnten, und von deren Natur und Eigenschaften ich vorläufig nur unsichere Vermuthungen aufstellen konnte, einzeln zu suchen, würde, wie man leicht einsieht, eine unübersehbare Arbeit geben. Da ich ausserdem die grössten Schwierigkeiten, die sich der Lösung unserer Frage entgegenstellen, eigentlich vollständig entfernt haben würde, wenn ich den Beweis liefern könnte, dass das Leuchtgas in den

zu Beleuchtungszwecken gewöhnlich benutzten Brennern vollständig verbrennt, so wählte ich zu meinen Untersuchungen vorzugsweise solche Methoden, durch die ich nachweisen zu können hoffte, ob unter den Verbrennungsproducten ausser Kohlensäure, Wasser und schwefliger Säure auch andere Substanzen sich befänden.

Erst wenn ich entdeckte, dass dies wirklich der Fall wäre, wollte ich die betreffenden Substanzen zum Gegenstand genauerer Prüfungen machen, was ihre Wirkungen auf die Gesundheit und sonstige Eigenschaften anbelangt. Neben diesen mehr generell angelegten Untersuchungsmethoden hielt ich es ausserdem für nothwendig, auch andere in Anwendung zu bringen, die direct darauf ausgingen, gewisse Substanzen nachzuweisen, deren Gegenwart unter den Verbrennungsproducten des Leuchtgases entweder behauptet worden ist, oder deren Giftigkeit besondere Untersuchungen wünschenswerth machte. Solche Substanzen sind Kohlensäure, arsenige Säure, Blausäure, Ammoniak, Untersalpetersäure und andere in der Flamme entstandene Oxydationsproducte des Stickstoffes.

Bei meinen Untersuchungen benutzte ich drei Brenner von den am gewöhnlichsten im täglichen Leben gebrauchten Typen, einen Schnittbrenner, einen Argandbrenner und einen Auer v. Welsbach'schen Brenner. Mit jedem von diesen Brennern sind besondere Untersuchungsreihen angestellt worden. Der Brenner *F* (Fig. 1) wurde in einen cylinderischen Schornstein aus Eisenblech *A* hineingesetzt, der oben offen und unten bei *E* durch einen durchlöcherten Boden abgeschlossen war. Oben in dem engeren Theil des Schornsteins war bei *C* ein Tubulus angelöthet. Dieser war durch einen durchlöcherten Stöpsel verschlossen, durch welchen ein Messingrohr in den Schornstein bis an die gegenüberliegende Wand hineingeschoben war. Der in den Schornstein hineinragende Theil dieses Rohres war an der unteren Seite mit einer Reihe kleiner Löcher versehen. Durch dieses Rohr wurden Proben von der im Schornstein befindlichen,

mit Verbrennungsproducten gemischten Luft zur Untersuchung durch eine Wasserstrahlpumpe ausgezogen.

Der durchlöcherte Boden *E* des Schornsteins war mit dem Schornstein selbst nicht fest verbunden. Er war am Rande mit einer ein Paar Centimeter tiefen, mit Quecksilber gefüllten Rinne versehen, in die der untere Rand des Schornsteins hineinpasste. Der Boden ruhte auf einem eisernen Dreifuss. Zwischen den Beinen dieses Dreifusses, mit dem Boden des Schornsteins luftdicht verbunden, befand sich ein Cylinder aus Zinkblech, *B*, der sich nach unten in einem 4 bis 5 cm weiten Rohr, *G*, öffnete. Durch dieses Rohr geschah die Luftzufuhr zum Schornstein. Durch durchlöcherte Korkstöpsel regulirte ich die Luftzufuhr so, dass die Flamme eben noch klar und ruhig brennen konnte, ohne zu russen oder zu flackern. Das zum Brenner führende Gasleitungsrohr *D* war in der Wand des Blechcylinders luftdicht eingeschaltet. Der Raum *B* war ursprünglich dazu bestimmt, diejenigen Substanzen aufzunehmen, die dazu dienen sollten, die zugeführte Luft von Kohlensäure und Wasserdampf zu befreien. Als solche Substanzen benutzte ich Chlorcalcium und Natronkalk. Es zeigte sich aber

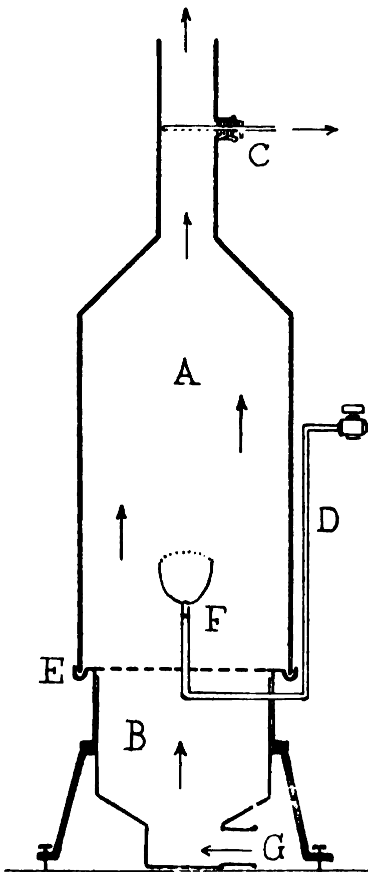


Fig. 1.

sehr bald, dass diese Stoffe so oft gewechselt werden müssten, dass die dabei veranlassten Verluste an Zeit und Kosten in keinem Verhältnisse zu den gewonnenen Vortheilen standen, weshalb ich die Reinigung und das Trocknen der Luft aufgab in der Voraussetzung, ich könnte, wenn es sich als nothwendig herausstellen sollte, in irgend einer Weise Correctionswerthe für den Gehalt

der Luft an Kohlensäure und Wasserdampf durch besonders darauf gerichtete Experimente herbeischaffen.

Die durch das Messingrohr bei *C* aus dem Schornstein entnommenen Luftproben wurden nun in verschiedener Weise behandelt. Hauptsächlich bestanden die Behandlungsweisen darin, dass die Luft vom Schornstein direct durch verschiedene Absorptionsmittel gesogen wurde. Die Absorptionsmittel waren meistens Chlorcalcium, Schwefelsäure, Natronkalk, Natronlauge, wie man sieht, Substanzen, die dazu geeignet waren, Wasser und flüchtige Säuren, wie Kohlensäure, schweflige und salpeterige Säure u. s. w. zu absorbiren. Meine Bestrebungen gingen nun theils darauf aus, zu untersuchen, ob die Luft, nachdem sie diese Absorptionsmittel passirt hatte, noch unverbrannte kohlenstoffhaltige Substanzen enthielt, theils untersuchte ich die Absorptionsmittel selbst, ob sie ausser Wasser, Kohlensäure und schweflige Säure, noch andere von der Gasverbrennung herrührende Substanzen, z. B. andere flüchtige Säuren enthielten.

Es wurden aber auch andere, für specielle Zwecke ausgearbeitete, Methoden, die ich an Ort und Stelle näher beschreiben werde, in Anwendung gebracht.

I. Prüfung auf unverbrannte, neutral reagirende Substanzen (Kohlenwasserstoffe und Kohlenoxyd).

Wenn Leuchtgas verbrennt, wird die Luft hauptsächlich mit Kohlensäure und Wasserdampf verunreinigt. Wir wissen, dass diese Verunreinigung nie bis zu einem solchen Grade steigt, dass sie gefährlich für die Gesundheit wird. Von weit grösserer Bedeutung in sanitärer Beziehung ist es, dass man gefunden hat, dass das Leuchtgas sowie andere Beleuchtungsmaterialien nicht vollständig verbrennen, sondern dass neben der Kohlensäure und dem Wasserdampf auch andere kohlenstoffhaltige Verbindungen, wie z. B. Kohlenwasserstoffe und vielleicht Kohlenoxyd gebildet werden. Ueber das Auftreten solcher Stoffe und den Grad der Verunreinigung der Luft mit denselben haben Erismann[1])

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. XII, S. 15.

und Cramer[1]) Untersuchungen angestellt. Erismann leitete einerseits eine Probe der Luft eines Zimmers, in dem die zu prüfenden Flammen (Stearinkerzen, Petroleum, Rüböl, Leuchtgas) brannten, durch Barytröhren und bestimmte den Kohlensäuregehalt der Luft. Andererseits leitete er eine mit dieser Probe möglichst gleich grosse und gleich zusammengesetzte erst durch glühendes Kupferoxyd, dann durch Barytröhren. Die Differenz zwischen den gefundenen Kohlensäuremengen betrachtete er als von einem Gehalte der Luft an unverbrannten, kohlenstoffhaltigen Substanzen herrührend und rechnete sie in Methan um. Er fand bei Gasbeleuchtung ganz bedeutende Mengen. Das Verhältnis $\frac{CH_4}{CO_2}$ schwankte zwischen $\frac{1}{3,6}$ und $\frac{1}{20,9}$. Wie gross die absoluten Mengen der gebildeten verbrannten und unverbrannten Gase waren, konnte er nicht ermitteln, da sie sich unregelmässig durch das Zimmer verbreiteten und zum weitaus grössten Theil durch die Ventilation aus dem Raume verschwanden. Nur etwa 3,4 % der berechneten Mengen waren in demselben geblieben, so dass der Gehalt der Luft an Kohlensäure nur 0,386 bis 1,82 ‰ betrug.

Um nun absolute Werthe für die aus einem gewissen Quantum eines Beleuchtungsmaterials (Petroleum, Paraffin, Stearinkerzen, Talg, Gas) gebildeten Mengen Kohlensäure und unverbrannten Substanzen zu bekommen, verglich Cramer die Kohlensäuremengen, die gebildet wurden, wenn die Beleuchtungsmaterialien beim Gebrauche von gewöhnlichen Lampen, Kerzen u. s w. in einem Respirationsapparate verbrannten mit den aus der verbrauchten Substanz und deren Elementaranalyse berechneten. Bei dem Respirationsversuche wurde immer ein kleines Deficit an Kohlensäure gefunden. Diese Methode, die grosse Anforderungen an die Genauigkeit der Elementaranalyse stellt, leidet ausserdem, was das Leuchtgas anbelangt, an dem Uebelstand, dass wegen der Inconstanz in der Zusammensetzung des

---

1) Archiv f. Hygiene, 1890, S. 283. Journal f. Gasbeleuchtung, 1891, Heft 1—4.

Leuchtgases, für jeden Versuch eine Elementaranalyse des verwendeten Gases ausgeführt werden müsste. Dies hat Cramer nicht gemacht, weshalb das Resultat seiner Untersuchung über das Gas mir weniger zuverlässig als seine übrigen scheint. Er fand für das Leuchtgas in Marburg

pro 1 g Substanz C zu CO_2 verbrannt.

Elementaranalyse	Respirationsversuche	Unvollst. verbrannt
0,663	647	0,016 (2,41%).

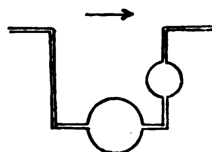
Die von Cramer gefundenen Mengen unverbrannter Substanzen relativ zur Kohlensäure sind also viel kleiner als sie Erismann fand.

Das Verfahren, dessen ich mich bei meinen eigenen Untersuchungen bediente, ist dem Erismann'schen sehr ähnlich, unterscheidet sich aber von demselben in mehreren wesentlichen Punkten. Erstens waren die Luftproben, die ich untersuchte, direct aus meinem Schornstein herausgenommen und folglich sehr reich an Verbrennungsproducten. Sie enthielten 1 bis 3% Kohlensäure, also circa zehnmal so viel davon als die von Erismann untersuchten. Zweitens nahm ich bei jedem Experimente, nicht wie Erismann zwei Proben, sondern nur eine in Arbeit. Die Fehlerquelle, die in der Ungleichheit zweier Proben liegt, ist also ausgeschlossen. Endlich waren meine Proben viel grösser als Erismann's.

Mein Verfahren war im Einzelnen folgendes: Die aus dem Schornstein herausgesogene Luft passirte zuerst durch ein Kugelrohr (Fig. 2), in dem das gebildete Wasser zum grössten Theil verdichtet wurde, weiter durch ein U-förmiges Chlorcalciumröhrchen, dann durch zwei bis drei U-förmige Natronkalkröhren und endlich durch noch ein kleines Chlorcalciumröhrchen. Dass ich nicht wie Erismann zur Absorption der Kohlensäure Barytwasser, sondern Natronkalk verwendete; kommt daher, dass ich bei meinen Versuchen so grosse Mengen Kohlensäure absorbiren musste, dass die Anwendung des Barytwassers dabei unbequem sein würde. Der Natronkalk nimmt dagegen bei kleinem Volum

eine grosse Menge Kohlensäure und zumal mit grosser Begierde auf.[1])

In den genannten Röhren wurde alles in der Luft enthaltene Wasser und alle Kohlensäure zurückgehalten. Die so gereinigte Luft wurde dann weiter durch ein mit glühendem Kupferoxyd gefülltes Verbrennungsrohr geleitet. An dieses reihten sich weiter andere Absorptionsapparate für Wasser und Kohlensäure, zuerst ein Geissler'scher Caliapparat mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt, dann ein U-förmiges Röhrchen mit Natronkalk, drittens ein Geissler'scher Apparat mit Natronlauge und endlich ein gleicher mit concentrirter Schwefelsäure. Ursprünglich verwendete ich hier ausschliesslich trockene Absorptionsmittel, Chlorcalcium und Natronkalk. Ich hatte aber dabei durch Zerstäuben derselben so grosse Verluste, dass ich sie durch die flüssigen ersetzte. Die sowohl vor wie nach dem Kupferoxydrohr absorbirten Mengen Wasser und Kohlensäure wurden durch Wägung bestimmt.


Fig. 2.

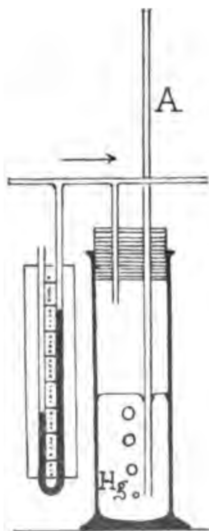


Fig. 3.

Zwischen der letzten Reihe von Absorptionsapparaten und der Saugpumpe war ein Quecksilberventil mit Manometer eingeschaltet, durch welches erreicht wurde, dass die in der Leitung bei dem Saugen hervorgebrachte Druckverminderung sich auf constantem Niveau hielt. Diese Vorrichtung, die aus Fig. 3 ohne weitere Erklärung ersichtlich ist, ist eine wohlbekannte. Der Luftstrom wurde in die Richtung der Pfeile geführt. Die Druckverminderung, die auf dem Manometer in Millimetern abgelesen wurde, konnte durch Auf- und Abschieben des Rohres *A*, das frei in die Luft mündete, nach Belieben regulirt werden.

Ursprünglich versuchte ich die Gesammtmenge der durchgezogenen Luft durch eine Gasuhr zu messen. Es zeigte sich

---

1) Fresenius. Quant. Analyse, Bd. II, S. 45.

aber, dass dies nicht möglich war und zwar, wie es schien, wegen des grossen Widerstandes, den der Luftstrom in der langen Reihe von verschiedenen Apparaten zu überwinden hatte.

Die Luft wurde vor dem Kupferoxydrohre mit Chlorcalcium getrocknet, nach dem Passiren desselben mit Schwefelsäure, welche letztere Wasser begieriger anzieht als Chlorcalcium. Daher rührt es, dass der erste Geissler'sche mit Schwefelsäure gefüllte Apparat immer eine Gewichtszunahme erfahren hat, welche also nicht eine im Kupferoxydrohr vor sich gegangene Verbrennung von wasserstoffhaltigen Substanzen anzudeuten braucht. Dass die Luft nicht auch vor dem Kupferoxydrohre mit Schwefelsäure getrocknet wurde, ist darin begründet, dass die Schwefelsäure das Vermögen besitzt, Kohlenwasserstoffe zu absorbiren. Wären also unter den Verbrennungsproducten unverbrannte Kohlenwasserstoffe, so würden diese in der Schwefelsäure zurückgehalten werden und nicht zur Verbrennung in dem Kupferoxydrohre gelangen.

Bei dieser Methode hoffte ich alle nicht oder nur unvollständig verbrannten, neutral reagirenden, kohlenstoffhaltigen Substanzen, welche sich unter den Verbrennungsproducten befänden, nachweisen zu können, namentlich alle Kohlenwasserstoffe und Kohlenoxyd. Dass diese Hoffnung berechtigt gewesen ist, zeigen die Resultate. Zuweilen nämlich, wenn die Gasflammen im Inneren des Schornsteins russten, bildeten sich solche unverbrannte, flüchtige Substanzen, welche sich sofort kennzeichneten durch eine Gewichtszunahme der drei letzten Absorptionsapparate.

Es wurde in dieser Weise eine lange Reihe von Experimenten angestellt. Jeder der drei bei meinen Versuchen benutzten Brenner wurde einer besonderen Prüfung unterworfen. Ausserdem wurde eine Reihe Controlversuche angestellt, die genau in derselben Weise wie die übrigen vorgenommen waren, nur mit dem Unterschied, dass im Schornstein kein Brenner angezündet war. Der Zweck dieser Versuche war, die Feinheit und Zuverlässigkeit der Methode zu prüfen.

Ich lasse hier die gewonnenen Resultate in tabellarischer Uebersicht folgen.

Die Zahlenreihe II gibt die Dauer des Versuchs in Stunden und Minuten an, Reihe III den durch das Saugen hervorgebrachten, auf dem Manometer in Millimetern Quecksilber abgelesenen negativen Druck. Die Reihen IV und V enthalten die Gewichtsmengen Wasser und Kohlensäure, die der Luft entzogen waren, bevor sie zum Kupferoxydrohr gelangte. Die Reihen VI und VII enthalten die Mengen Wasser und Kohlensäure, die durch Wägen und Zurückwägen der zweiten Reihe Absorptionsapparate gefunden wurden. Die Gewichtsmengen sind überall in Milligramm angegeben.

Brenner	Nr.	I Datum	II Zeitdauer Std.	II Zeitdauer Min.	III Negativer Druck	IV Vor dem Kupferoxydrohr H_2O mg	V Vor dem Kupferoxydrohr CO_2 mg	VI Nach dem Kupferoxydrohr H_2O mg	VII Nach dem Kupferoxydrohr CO_2 mg	Bemerkungen
					mm Hg					
Schnittbrenner.	1	14. VI.	6	20	43	?	1483,6	+ 17,9	+ 0,3	
	2	15. VI.	7	0	42	1872,9	1594,7	27,3	— 0,9	
	3	19. VI.	7	6	44	1604,9	1442,7	26,3	— 7,1	
	4	20. VI.	5	59	45	1516,4	1420,0	23,4	+ 2,2	
	5	24 VI.	5	50	43	728,3	645,1	9,7	— 3,5	
	6	27. VI.	5	0	53	1327,7	1046,6	19,1	— 1,3	
	7	29. VI.	7	53	56	1534,8	1216,6	22,3	— 3,3	
	8	30. VI.	7	33	78	2072,2	1618,5	24,8	+ 1,6	
	9	1. IX.	7	15	68	1601,6	1409,7	28,8	+ 2,6	
	10	4. IX.	7	4	49	948,1	834,4	263,1	+ 56,6	Die Flamme russte.
	11	6. IX.	5	43	78	?	?	11,3	— 1,6	
	12	8. IX.	7	34	78	1639,7	1648,4	32,6	+ 1,6	
	13	9. IX.	7	32	78	1663,9	1621,7	38,8	+ 4,9	
	14	12. IX.	7	36	78	2766,5	2358,2	42,6	+ 0,2	
	15	13. IX.	8	3	74	3410,2	2922,2	45,0	+ 7,7	
	16	15. IX.	9	31	55	1400,9	1239,7	17,7	— 4,0	
	17	16. IX.	8	10	60	1271,3	1144,6	19,8	+ 5,4	
Argandbrenner.	18	19. IX.	7	52	56	837,3	697,1	57,6	+ 22,9	Die Flamme russte.
	19	20. IX.	ca. 7	30	73	1436,3	1183,8	23,1	+ 5,5	Die Flamme russte kurze Zeit.
	20	21. IX.	7	45	73	2211,1	1847,9	35,6	+ 0,1	
	21	29. IX.	7	0	94	1427,5	1205,4	22,5	+ 3,2	
	22	2. X.	8	34	ca. 100	1522,0	1203,4	28,3	+ 7,3	Die Flamme russte mehrmals.
	23	3. X.	6	20	107	1928,2	1529,2	36,1	— 1,6	
	24	4. X.	8	9	ca. 105	1694,9	1384,2	28,8	+ 1,7	

Brenner	Nr	I Datum	II Zeitdauer Std.	II Zeitdauer Min.	III Negativer Druck	IV Vor dem Kupferoxydrohr H_2O mg	V Vor dem Kupferoxydrohr CO_2 mg	VI Nach dem Kupferoxydrohr H_2O mg	VII Nach dem Kupferoxydrohr CO_2 mg	Bemerkungen
					mm Hg					
Argandbrenner.	25	5. X.	7	58	80	1292,5	1030,9	29,8	+ 2,0	
	26	6. X.	6	0	114	1558,7	1288,9	25,6	— 0,2	
	27	9. X.	6	47	107	2176,3	1768,2	50,3	+ 0,5	
	28	10. X.	6	25	109	2004,8	1591.4	60,7	+ 2,6	
	29	11. X.	6	22	109	2203,3	1781,1	58,5	— 2,0	
	30	12. X.	8	10	111	2398,5	1962,9	74,5	+ 0,5	
Auer v. Welsbach's Brenner.	31	13. X.	6	47	111	1951,9	1571,4	56,6	— 2,1	
	32	14. X.	7	15	110	2049,4	1669.0	74,0	+ 4,1	
	33	16. X.	7	29	110	2279,2	1928,3	53,7	+ 10,5	
	34	17. X.	7	50	110	2169,5	1896,1	52,3	— 2,8	
	35	18. X.	8	16	110	2302,3	2007,2	83,1	+ 21,2	
	36	19. X.	7	47	105	2054,9	1694,9	75,8	+ 9,6	
	37	20. X.	6	34	107	1593,2	1347,2	61,0	+ 3,0	Reichlichere Gaszufuhr zum Brenner.
	38	21. X.	6	18	110	?	1260,6	41,8	+ 3,3	
	39	23. X.	6	50	110	1392,4	1236,0	39,6	+ 5,5	
	40	24. X.	7	11	110	1352,2	1095,2	35,1	+ 22,3	
	41	27. X.	6	34	110	2345,0	2000,7	53,4	+ 10,0	Die Löcher des Brenners aufgebohrt.
	42	28. X.	6	20	110	2358,8	1973,6	55,8	+ 14,4	
	43	30. X.	6	39	110	2203,6	1890,3	39,5	+ 14,2	
	44	31. X.	7	29	110	2280,1	1970,5	41,9	+ 23,4	
Kein Brenner (Controlproben).	45	16. VI.	6	0	42	168,2	28,6	21,6	— 2,0	
	46	21. VI.	6	5	43	8,4	14,5	22,8	+ 3,7	
	47	28. VI.	7	32	52	151,8	21,6	19,6	+ 3,1	
	48	1. VII.	7	40	78	174,0	11,7	29,1	+ 4,2	
	49	11. IX.	8	5	78	164,7	25,1	33,9	+ 2,1	
	50	14. IX.	7	33	55	78,4	15,4	13,8	— 3,8	
	51	23. IX.	7	47	73	151,3	12,7	24,8	+ 0,3	
	52	25. IX.	7	2	75	86,0	12,7	16,7	+ 2,1	
	53	26. IX.	6	37	74	57,6	15,7	24,9	+ 2,0	
	54	27. IX.	6	38	60	52,9	9,1	11,7	+ 1,4	

Ein Vergleich zwischen den bei den Versuchen und Controlproben gefundenen Zahlen der Reihen IV und V zeigt, dass die gewogenen Mengen Wasser und Kohlensäure (+ schwefliger Säure) zum weitaus grössten Theil von dem verbrannten Leuchtgase und nur in geringer Menge von der atmosphärischen Luft herrühren, so dass der Fehler der dadurch verursacht wurde,

dass die Luft vor dem Eintritt in den Schornstein nicht getrocknet und von Kohlensäure befreit wurde, der Beweiskraft der Versuchsresultate keinen Abbruch thut.

Die Zahlen der Reihe VI haben aus den oben besprochenen Gründen keine weitere Bedeutung. Ein Vergleich zwischen den bei den Versuchen und Controlproben gefundenen Zahlen dieser Reihe zeigt, dass die Gewichtszunahme in beiden Fällen durchschnittlich gleich gross ist und also nicht als ein Beweis dafür gelten darf, dass unter den Verbrennungsproducten sich unverbrannte wasserstoffhaltige Substanzen (z. B. Ammoniak) befänden.

Wir wollen vorzugsweise unsere Aufmerksamkeit auf die Zahlen der letzten Reihe lenken und zwar zuerst auf die bei den Controlproben gefundenen. Die positiven Vorzeichen zeigen eine Zunahme und die negativen eine Abnahme an Gewicht der Kohlensäureabsorptionsapparate an. Wäre die Methode von idealer Genauigkeit, so würde man hier selbstverständlich weder eine Zu- noch eine Abnahme bekommen. Die gefundenen Zahlen zeigen also die unvermeidlichen Fehler der Methode an. Sie liegen zwischen rund $\pm$ 4 mg. Sie scheinen nicht von den aus dem Schornstein herausgezogenen Luftmengen oder von den darin enthaltenen Mengen Wasser und Kohlensäure in irgend welcher Weise abhängig zu sein, weshalb ich auch keinen brauchbaren Correctionsfactor daraus berechnen konnte.

Ganz ähnliche Schwankungen zeigen die Zahlen der letzten Reihe bei den Versuchen mit dem Schnittbrenner und dem Argandbrenner. Abgesehen von den Versuchen bei denen die Gasflamme gerusst hat, wobei sich ziemlich grosse Mengen unverbrannter kohlenstoffhaltiger Substanzen gebildet haben, zeigen nur 3 Versuche mit dem Schnittbrenner eine 4 mg überschreitende Gewichtszunahme der Absorptionsapparate für Kohlensäure nämlich Nr. 13, 15 und 17. Die Zunahmen liegen aber sehr nahe an der Fehlergrenze und sind überhaupt so klein, dass wir sie, wie wir später sehen werden, ganz unberücksichtigt lassen dürfen.

Im Grossen und Ganzen dürfen wir deshalb den Schluss ziehen, dass der Schnittbrenner und der

Argandbrenner keine flüchtigen neutral reagirenden unverbrannten kohlenstoffhaltigen Substanzen, wie Kohlenwasserstoffe oder Kohlenoxyd geliefert haben.

Bei dem Auer v. Welsbach'schen Brenner verhält sich dies aber etwas anders. Bei den mit diesem Brenner angestellten Versuchen bekam ich häufig eine nicht unerhebliche Gewichtszunahme der zur zweiten Reihe gehörenden Kohlensäureabsorptionsapparate. Ich glaubte, dass dies daher rührte, dass die Gaszufuhr zu dem Brenner zu klein war um den Mantel des Brenners zum starken Glühen zu erhitzen. Reichlichere Zufuhr von Gas schien aber nicht zu helfen (Vers. 37—40).

Ich bohrte dann die Gasausströmungsöffnungen des Brenners etwas grösser. Dabei gerieth zwar der Mantel in stärkeres Glühen und leuchtete besser, die Versuchsergebnisse aber schienen sich im Gegentheil zu verschlechtern (Vers. 41—44).

Es geht aber hieraus hervor, dass der Auer von Welsbach'sche Brenner häufig kleine Mengen unverbrannter, kohlenstoffhaltiger Substanzen lieferte. Im Versuch 40 wurde die im Verhältnis zu der gebildeten Kohlensäure grösste Menge von solchen Substanzen gefunden. Bei diesem Versuch sind ca. 2 % des im Leuchtgase enthaltenen Kohlenstoffes durch den Brenner gegangen ohne zu Kohlensäure verbrannt zu werden. Die Ursache, weshalb dies geschah, ist wahrscheinlich darin zu suchen, dass die Flamme durch den leuchtenden Mantel etwas abgekühlt wurde, so dass die Hitze zu klein war um eine vollständige Verbrennung des Gases herbeiführen zu können. Ein Stütze für diese Annahme sehe ich darin, dass der Mantel sich mit Russ belegte.

Was diese unverbrannte Substanz gewesen ist, ob z B. ein Kohlenwasserstoff oder Kohlenoxyd, darüber geben die Versuche keine Aufklärung. Wir wollen annehmen, dass sie ausschliesslich aus Kohlenoxyd bestanden haben. Eine Annahme, die weniger zu Gunsten der Gasbeleuchtung spricht, können wir kaum machen, da dieses Gas eines der gefährlichsten Gifte ist, die wir überhaupt kennen. Nehmen wir weiter an, dass die Verunreinigung der Luft mit Kohlensäure in einem mit Gas

beleuchtetem Zimmer bis zu einem Volumprocent steigen könne, eine so hochgradige Verunreinigung, dass sie, wie wir später sehen werden, in einem Wohnzimmer kaum eintreten wird, wenigstens nicht in Folge der Gasbeleuchtung. Da nun das Kohlensäure- und das Kohlenoxydmolekül beide dasselbe Volumen einnehmen, so würde bei der Benützung von Auer von Welsbach'schen Brennern die Zimmerluft nie über 0,02 Volumprocent Kohlenoxyd enthalten können.

Wir wissen aber, dass das Kohlenoxyd, wenn es in so hochgradiger Verdünnung der Luft beigemischt ist, seine giftigen Eigenschaften nicht mehr entfalten kann. In das Blut von Thieren, die in solcher Luft geathmet haben, scheint das Kohlenoxyd nicht mehr aufgenommen zu werden. Wenigstens lässt es sich nicht mehr darin nachweisen. Die Grenze der Nachweisbarkeit mittelst Blut liegt bei einem Kohlenoxydgehalte der Luft von 0,03 % und die Grenze der Giftigkeit derselben bei 0,05 %.[1])

Da nun das Kohlenoxyd eines der gefährlichsten Gifte ist, die wir kennen, so brauchen wir kaum die gefundene also unverbrannte Substanz als gesundheitsschädlichen Factor zu fürchten, ein Schluss, denn ich bei meinen später mitzutheilenden Thierversuchen völlig bestätigt fand.

Die Resultate meiner Versuche stellen sich also im Grossen und Ganzen viel günstiger als die Erismanns und Cramers. Der Grund hierzu ist wohl kaum in Verschiedenheiten der benutzten Gase zu suchen. Ein Vergleich der Resultate, die ich bei meinen Versuchen mit dem Schnitt- und Argandbrenner einerseits und dem Auer'schen Brenner andererseits erhielt, macht es im Gegentheil viel wahrscheinlicher, dass die Construction der Brenner der einzige Eactor ist, der für die mehrweniger vollständige Verbrennung des Gases bestimmend ist. Bei dieser Annahme wird auch ein Umstand erklärt, den ich selbst wiederholt zu constatiren Gelegenheit gehabt habe, nämlich der, dass ein und dasselbe Leuchtgas in einem Lokale den

1) Hempel. Gasanalytische Methoden.

bekannten unangenehmen Geruch nach Acetylen verbreitet, nicht aber in einem anderen. Auch im Laboratorium habe ich wiederholt beim Gebrauch von Gasöfen denselben Geruch sehr lästig empfunden, während ich ihn beim Gebrauch von gewöhnlichen Bunsen- oder Leuchtbrennern gar nicht wahrgenommen habe.

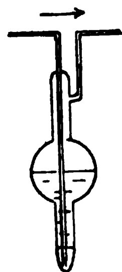
Vom hygienischen Standpunkte aus scheint eine vollständige Verbrennung des Gases wünschenswerth. Dass dies auch erzielt werden kann, darf ich nach obigem behaupten. Welche aber die Eigenschaften der in dieser Beziehung guten oder schlechten Brenner sind, mag bis weiter dahin gestellt bleiben. Eine eingehende Auseinandersetzung dieser Frage würde wahrscheinlich viele Arbeit in Anspruch nehmen. Die Versuche mit dem Auer'schen Brenner, die ohne merkbare Verschiedenheiten äusserer Verhältnisse doch verschiedene Resultate gaben, scheinen dafür zu sprechen, dass sogar ganz geringfügige äussere Einflüsse genügen um eine unvollständige Verbrennung zu bedingen. Von vorn herein konnte man deswegen auch vermuthen, dass selbst anscheinend unwesentliche Verschiedenheiten in der Construction der Brenner für die mehr-weniger vollständige Verbrennung bestimmend seien.

II. Prüfung auf flüchtige Säuren.

Der Verdacht, dass sich bei der Verbrennung des Leuchtgases ausser schwefliger Säure und Kohlensäure auch andere flüchtige, sauer reagirende Verbindungen bildeten, konnte von vorn herein nicht ausgeschlossen werden. Solche flüchtige Säuren würden bei den eben besprochenen Versuchen mit der gebildeten Kohlensäure in den Natronkalkröhren absorbirt worden sein, und wären also als unverbrannte Producte der Verbrennung des Leuchtgases nicht zum Vorschein gekommen. Ich hielt es deswegen für nöthig, besondere Untersuchungen über das mögliche Auftreten solcher saueren Verbindungen anzustellen.

Mein Verfahren war folgendes. Die mit Verbrennungsproducten gemischte Luft wurde von dem Schornstein aus durch eine etwa 25 cm hohe Waschflasche (Fig. 4) gesogen, die mit

dem Röhrchen C des Schornsteins verbunden war. In der Waschflasche befand sich eine abgemessene Menge einer titrirten Kalilauge, die auf eine ebenfalls titrirte Oxalsäurelösung gestellt war. Anfangs reihte ich zwei solche Waschflaschen an einander. Da es sich aber bald zeigte, dass von schwefliger Säure niemals eine Spur in der zweiten Waschflasche nachzuweisen war, liess ich schliesslich die zweite Waschflasche ganz weg und sorgte nur dafür, dass in der ersten ein genügender Ueberschuss von Lauge vorhanden war. Das Durchsaugen der Luft und die Regulirung des Luftstromes geschah ganz in derselben Weise wie es in der Beschreibung der vorigen Versuchsreihe dargestellt ist. Die Versuche dauerten alle von einem Vormittag bis zum anderen, somit 20 bis 22 Stunden.


Fig. 4.

Die in der Waschflasche befindliche Lauge wurde dabei vollständig mit Kohlensäure gesättigt. Ausserdem wurde in derselben alle mit der Luft hineingeleitete schweflige Säure zurückgehalten.

Nach Beendigung des Versuches wurde die Lauge in eine Erlenmeier'sche Kochflasche hineingespült und in dieser mit der Oxalsäurelösung unter stetigem Auskochen der Kohlensäure zurücktitrirt. Als Indicator diente Rosolsäure. Damit nicht mit der Kohlensäure auch andere flüchtige Säuren weggekocht werden sollten, wurde immer Obacht gegeben, dass die Oxalsäure nie im Ueberschuss zugesetzt wurde, sondern allmählich unter häufigem Aufkochen, so dass der Neutralisationspunkt erreicht wurde, ohne dass die Flüssigkeit sauer reagirte ausser durch Kohlensäure. Noch grösserer Sicherheit halber wurde ausserdem die Vorsichtsmaassregel getroffen, dass der Kolben immer während des Kochens mit einem Rückflusskühler verbunden wurde.

Nach dem Titriren wurde die schweflige Säure mit Bromsalzsäure oxydirt und als schwefelsaurer Baryt ausgefällt und gewogen. Da die Schwefelsäure und die schweflige Säure beide zweibasische Säuren sind, war es für die Titrirung gleichgültig ob die eine oder die andere von der Lauge gebunden war. Deswegen konnte ich die Lauge, die sich bei der Titrirung als von

flüchtigen Säuren gebunden zeigte, auf H_2SO_4 berechnen und die so gefundene Menge mit der bei der Gewichtsbestimmung gefundenen vergleichen. Wäre nun bei dem titrimetrischen Verfahren eine grössere Menge Schwefelsäure gefunden worden, als bei dem gewichtsanalytischen, so wäre dies ein Zeichen gewesen, dass sich ausser der schwefligen Säure und Kohlensäure unter den Verbrennungsproducten auch andere flüchtige Säuren befänden. Die zwei Bestimmungen stimmten aber so genau überein, dass ich die Gegenwart irgend erheblicherer Mengen von flüchtigen Säuren als ausgeschlossen erklären darf. Die Abweichungen sind so klein, dass sie eine hinlängliche Erklärung durch die bei solchen Bestimmungen unvermeidlichen Ungenauigkeiten finden. Ueber die Gegenwart von äusserst kleinen Mengen solcher Säuren gibt aber die Methode grade wegen dieser Ungenauigkeiten keinen Aufschluss, was zu beachten ist, wenn wir das Vorkommen von salpetriger Säure und Salpetersäure besprechen werden.

Brenner	Datum	mg H_2SO_4 gefunden		Differenz (titrim. + oder ÷)
		titrimetrisch	gewichtsanalytisch	
Schnittbrenner	25.—26. X.	161,2	159,7	+ 1,5
	1.— 2. XI.	93,2	91,6	+ 1,6
	2.— 3. XI.	51,4	50,4	+ 1,0
	3.— 4. XI.	38,7	34,6	+ 4,1
	4.— 5. XI.	13,5	14,5	÷ 1,0
	6.— 7. XI.	83,0	82,0	+ 1,0
Argandbrenner	8.— 9. XI.	41,7	40,8	+ 0,9
	9.–10 XI.	57,1	54,8	+ 2,3
	10.—11. XI.	32,0	30,8	+ 1,2
	14.—15. XI.	52,9	51,3	+ 1,6
	15.—16. XI.	98,1	98,3	— 0,2
Auer v. Welsbach's Brenner	19.—20. X.	38,0	37,6	+ 0,4
	21.—22. X.	54,8	54,8	± 0,0
	23.—24. X.	52,9	52,1	+ 0,8
	24.—25. X.	31,9	32,3	— 0,4
	27.—28. X.	27,7	27,4	+ 0,3
	28.—29. X.	45,6	45,4	+ 0,2
	30.—31. X.	66,1	67,1	— 1,0

Um die Zuverlässigkeit der Methode zu prüfen, führte ich Titrirungen unter Zusatz von salpetrigsauren und salpetersauren Alkalien aus. Es wurde dabei Oxalsäure in Ueberschuss zugesetzt und das Kochen längere Zeit ohne Rückflusskühler fortgesetzt. Trotzdem war aber von den Säuren der zugesetzten Salze nichts ausgetrieben. Die nach ausgeführter Titrirung verbrauchten Mengen von Oxalsäure stimmten auf 0,05 bis 0,1 ccm mit den aus dem gegenseitigen Titer der Säure und Lauge berechneten Mengen (1 ccm Säure = 1,311 ccm Lauge. 0,1 ccm Lauge = 0,0007 gr HNO_2).

Soweit ich sehen kann, gibt es nur eine einzige Säure, die bei diesem Verfahren der Aufmerksamkeit entgehen konnte, nämlich die Blausäure. Diese ist bekanntlich eine schwächere Säure als die Kohlensäure und würde deshalb von dieser aus der titrirten Lauge ausgetrieben sein. Da nun einerseits das Leuchtgas Cyanverbindungen enthält und andererseits die Gegenwart von Blausäure unter den Verbrennungsproducten des Leuchtgases behauptet worden ist, schien es mir von Wichtigkeit nachzuweisen, ob den Verbrennungsproducten Bläusäure beigemischt wäre.

Wäre nun dies der Fall, so müsste sie bei den im vorigen Kapitel beschriebenen Versuchen von dem Natronkalk aufgenommen sein. Dieser war nämlich immer in genügendem Ueberschuss vorhanden, um sowohl die Kohlensäure als auch grössere Mengen Blausäure zu binden. Wenn letztere wirklich zugegen gewesen wäre, dann müsste sie aber in dem Natronkalk nachzuweisen sein.

Bei mehreren der mit dem Auer v. Welsbach'schen Brenner angestellten Versuchen hob ich deswegen den benutzten Natronkalk zur Untersuchung auf. In demselben waren alles in allem 14,5 g Kohlensäure, also eine ziemlich grosse Menge, absorbirt. Mit den zwei anderen Brennern stellte ich besondere auf Blausäure gerichtete Untersuchungen an. Sie wurden ganz in derselben Weise ausgeführt. Die Luft wurde aus dem Schornstein zuerst durch ein Chlorcalciumrohr, dann durch mehrere Röhren mit Natronkalk gesogen. Der Versuch wurde unterbrochen,

während noch viel ungesättigter Natronkalk vorhanden war. Bei dem Versuch mit dem Argandbrenner wurden 16,7 g und mit dem Schnittbrenner 14,2 g Kohlensäure gesammelt und gewogen.

Nachdem nun der Natronkalk aus den Glasröhren herausgenommen war, wurde er in einem Porzellanmörser mit Wasser fein zerrieben und dann in einen hohen Glascylinder gebracht, wo der ungelöst gebliebene kohlensaure Kalk sich zu Boden setzte. Die überstehende klare Lösung wurde abpipettirt und mit den in Fresenius qualitativer Analyse, S. 269—270, unter 6 und 7 angeführten Reactionen auf Bleisäure geprüft. Bei der ersten dieser Reactionen wird die Blausäure als Berlinerblau gefällt. Diese Reaction hatte immer ein negatives Ergebnis. Bei der zweiten Reaction wird die Blausäure in Rhodanalcali übergeführt und als solche durch Eisenchloridzusatz nachgewiesen. Bei dieser Reaction bekam ich zuweilen eine Rothfärbung, aber so schwach und überhaupt von so zweifelhaftem Charakter, dass ich mich nicht berechtigt halte, die Blausäure als nachgewiesen zu erklären.

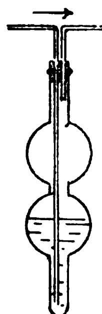
Der Sicherheit wegen wurde auch das zur Austrocknung der Luft benutzte Chlorcalcium in derselben Weise der Prüfung unterworfen. Das Resultat war in jeder Beziehung dasselbe.

Eine flüchtige Säure, deren Bildung bei Gasverbrennung unvermeidlich ist, ist die schweflige Säure. Man darf wohl behaupten, dass diese, falls sie nicht in allzu grossen Mengen auftritt, für die Gesundheit kaum schädlich ist.[1]) Es kam mir trotzdem als eine Pflicht vor, die Mengen der bei der Gasbeleuchtung gebildeten schwefligen Säure näher zu bestimmen. Dies habe ich gethan und zwar im Verhältnis zu den übrigen Verbrennungsproducten des Leuchtgases. — Der Luftstrom wurde vom Schornstein (in welchem ein Schnittbrenner) durch eine Reihe von Waschfläschchen (Fig. 5) geleitet, in denen alle Verbrennungsproducte, Kohlensäure, Wasser und schweflige Säure zurückgehalten wurden. Die Durchleitung dauerte von dem einen

1) Ueber die Giftigkeit der schwefligen Säure cfr. Boehm, Niemeyer und Boeck: Handbuch der Intoxicationen. Weiter: Lehmann, Archiv für Hygiene, Bd. XVIII, S. 180.

Vormittag bis zum anderen. Die erste Waschflasche enthielt dünne, schwefelsäurefreie Kalilauge, reichlich genug, um alle schweflige Säure zu binden. Erfahrungsgemäss wurde keine Spur dieser Säure bis in die nächste Waschflasche mitgeführt. Die folgenden vier bis fünf Waschflaschen enthielten eine starke Natronlauge, in welcher alle Kohlensäure absorbirt wurde. Dann folgten noch zwei bis drei mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte.

Die sämmtlichen Flaschen wurden vor und nach dem Versuch gewogen und die Zunahme gab dann das Gewicht der gesammten Verbrennungsproducte an. Darauf wurde die erste Flasche in einen Messkolben von 200 ccm Inhalt entleert, mit destillirtem Wasser nachgespült und die Flüssigkeit schliesslich bis zur Marke des Messkolbens verdünnt.


Fig. 5.

Die eine Hälfte der Lösung wurde mit Bromsalzsäure behandelt und mit Chlorbarium gefällt. Der schliesslich gewogene schwefelsaure Baryt wurde in schweflige Säure (SO_2) umgerechnet.

Die andere Hälfte der Lösung wurde zur vorläufigen Prüfung auf Oxydationsproducte des Stickstoffs in folgender Weise weiter verarbeitet. Sie wurde mit Schwefelsäure angesäuert, dann mit einer Lösung von übermangansaurem Kali bis zur starken Rothfärbung versetzt und auf dem Wasserbade erwärmt, um alle stickstoffhaltigen Oxydationsproducte in Salpetersäure überzuführen. Darnach wurde die Flüssigkeit mit Oxalsäurelösung entfärbt, mit Kalilauge schwach alkalisch gemacht und bis fast zum Trocknen eingedampft. Der Rückstand wurde mit mehreren der in Fresenius qualitativer Analyse, S. 282, angeführten Reactionen auf Salpetersäure geprüft. Zur Anwendung kamen vorzugsweise die sub. 6 und 9 angeführten.

Von diesen hatte die erste, die gewöhnliche Reaction, mit concentrirter Schwefelsäure und Eisenvitriollösung zuweilen ein sehr schwaches positives Ergebnis, am häufigsten aber ein negatives. Letzteres war bei der anderen, sub. 9 angeführten Reaction,

die auf einer durch Nitrirung des Phenols auftretenden braunen Farbe beruht, immer der Fall.

Die Zuverlässigkeit der in dieser Weise ausgeführten Prüfung auf Salpetersäure habe ich derart dargethan, dass ich die ganze Prozedur mit den Reagenzien allein, und zwar mit den bei dem oben geschilderten Verfahren gebrauchten Mengen derselben unter Zusatz von bekannten Mengen salpetrigsauren Natrons durchgemacht habe. Wenn die Flüssigkeit im Ganzen nur noch 1 mg N_2O_3 enthielt, bekam ich mit Schwefelsäure und schwefelsaurem Eisenoxydul, eine scharf ausgesprochene, ohne Zusatz von Nitrit aber keine Spur einer Reaction.

Es geht hieraus hervor, dass Oxydationsproducte des Stickstoffs, wenn überhaupt, dann in sehr geringen Mengen zugegen gewesen sind.

Nachstehende Tabelle gibt die Resultate der Bestimmungen der schwefligen Säure und den Ausfall der Prüfungen auf Salpetersäure.

Aus den gefundenen Zahlen ist ersichtlich, dass der Schwefelgehalt des Leuchtgases in Christiania keinen erheblicheren Schwankungen unterworfen ist.

Datum	Verbrennungsproducte gewogen g	Gefunden SO_2 mg	1 g Verbrennungsproducte entspricht SO_2 mg	Ergebnis der Prüfung auf Salpetersäure
17.—18. IX.	9,0357	6,5	0,71	Keine HNO_3.
22.—23. IX.	4,6660	4,1	0,87	Keine HNO_3.
25.—26. IX.	4,9461	5,1	1,03	Zweifelhafte Spuren.
26.—27. IX.	6,2664	6,4	1,02	Zweifelhafte Spuren.
28.—29. IX.	5,0982	5,7	1,11	Keine HNO_3.
4.— 5. X.	12,1012	12,4	1,03	Sehr schwache Spuren.
5.— 6. X.	14,5976	13,5	0,92	Schwache Spuren.
8.— 9. X.	7,1579	6,4	0,90	Keine HNO_3.
9.—10. X.	16,5579	14,8	0,90	Keine HNO_3.
10.—11. X.	11,4709	10,7	0,93	Keine HNO_3.
		Mittel	0,942 = 0,328 ccm [1]) SO_2 bei 0° C. und 760 mm Hg-druck gemessen.	

1) Landolt und Börnstein: Tabellen 1894, S. 116.

Bei Verbrennung dieses Gases kommen im Mittel auf 1 g Verbrennungsproducte 0,328 ccm SO_2-Gas, bei 0° C. und 760 mm Quecksilberdruck gemessen. Bei diesen Bestimmungen ist für die in der Luft präexistirenden Mengen Wasserdampf und Kohlensäure keine Correction eingeführt. Der dabei begangene Fehler ist aber erstens, wie die im Kap. I besprochenen Controlbestimmungen zeigen, an und für sich von keiner grossen Bedeutung, und zweitens ist die im Verhältnis zu den gebildeten Mengen Wasser und Kohlensäure bestimmte schweflige Säure in so kleinen Mengen vorhanden, dass der Einfluss des begangenen Fehlers dadurch noch mehr verringert wird.

Es handelt sich ja hier nicht um Naturconstanten, die mit dem höchstmöglichen Grade von Genauigkeit bestimmt werden sollen, sondern um das Erlangen von praktisch verwerthbaren Resultaten, bei welchen ein Fehler in der zweiten Decimale der für die schweflige Säure gefundenen Zahlen von keiner Bedeutung ist und ruhig unberücksichtigt gelassen werden darf.

Um nun annähernd berechnen zu können, wie gross der mittlere Schwefelgehalt des Leuchtgases in Christiana ist und wie viel Schwefeldioxydgas auf die durch die Verbrennung gebildeten, volumetrisch berechneten Mengen Wasserdampf und Kohlensäure kommt, habe ich einige Verbrennungsanalysen des Leuchtgases ausgeführt. Dieselben wurden in ganz einfacher Weise vorgenommen. Das durch eine Gasuhr gemessene Quantum Gas wurde durch ein mit trockenem und kohlensäurefreien, glühenden Kupferoxyd gefülltes Verbrennungsrohr geleitet, an dessen vorderem Ende die bei der Elementaranalyse gewöhnlich gebräuchlichen, gewogenen Absorptionsapparate für Wasser und Kohlensäure angesetzt waren. Die gebildete schweflige Säure wurde mit der Kohlensäure gewogen und als solche berechnet. Bei der ersten Analyse verbrannte ich ca. 1 l Gas, bei den übrigen ca. 2 l. Nach Beendigung der Verbrennung wurde durch den ganzen Apparat getrocknete und kohlensäurefreie Luft geleitet.

Datum	1 l Gas liefert	
	g H_2O	g CO_2
8. XI. Nachm.	0,9332	0,8068
9. XI. Vorm.	0,9327	0,7715
10. XI. Vorm.	0,9329	0,7945
10. XI. Nachm.	0,8457	0,7348
14. XI. Nachm.	0,8670	0,7604
15. XI. Nachm.	0,9404	0,8401
16. XI. Nachm.	0,8717	0,7527
Mittel	0,9084	0,7800

Ein Liter Leuchtgas liefert also im Mittel:

0,903 g Wasser = 1,118 l Wasserdampf[1])
und 0,780 g Kohlensäure = 0,397 l Kohlensäure[1])

Summa: 1,683 g = 1,515 l Verbrennungsproducte.

Aus diesen Mittelwerthen und den für das Verhältnis zwischen Verbrennungsproducten und Schwefeldioxydgas gefundenen Zahlen (0,328 ccm SO^2 auf 1 g Verbrennungsproducte) lassen sich folgende Werthe, von denen wir später Gebrauch machen wollen, berechnen:

1 g Verbrennungsproducte besteht aus
0,537 g Wasser = 0,667 l Wasserdampf
und 0,463 g = 0,236 l Kohlensäure

0,903 l.

1 g Verbrennungsproducte hat also bei 0° C. und 760 mm Quecksilberdruck gemessen ein Volum von 0,903 l. Darin ist enthalten 0,328 ccm SO_2.

1 l Verbrennnungsproducte muss also 0,364 ccm (1,04 mg) Schwefeldioxydgas enthalten und sonst aus 0,739 l Wasserdampf und 0,261 l Kohlensäure bestehen.

Da weiter 1 l Gas 1,683 g Verbrennungsproducte liefert und 1 g Verbrennungsproducte 0,942 mg SO_2 (= 0,471 mg S)

1) Landolt und Börnstein, a. a. O.

entspricht, so muss 1 l Gas im Mittel 0,79 mg Schwefel enthalten, ein Befund, der mit den oben genannten Angaben vom hiesigen Gaswerke auch ziemlich genau übereinstimmt.

Es darf als festgestellt gelten, dass sich bei jeder Verbrennung in der Luft bei Gegenwart von Wasserdampf Oxydationsproducte des Stickstoffs, namentlich Salpetersäure und salpetrige Säure bilden.[1])

Diese Säuren treten nicht allein auf, wenn die brennbare Substanz selbst Stickstoff enthält, sondern auch, wenn dieselbe stickstofffrei ist (Rubner[2]). Es liegt deswegen auf der Hand zu prüfen, in welcher Ausdehnung diese Substanzen zur Verunreinigung der Luft bei künstlicher Beleuchtung beitragen, um so mehr, da sie ziemlich giftige Eigenschaften[3]) besitzen. Versuche über das Vorkommen von salpetriger Säure haben Cramer[4]) bei Kerzenbeleuchtung und A. v. Bibra[4]) bei Gasbeleuchtung angestellt. Die grösste Menge salpetriger Säure, die v. Bibra in der Luft eines mit zehn Gasflammen beleuchteten, 428 cbm grossen Zimmers fand, war 0,01 mg in 5 l. Er nimmt aber an, dass der Gesammtwerth für die ganze Menge der N-Oxydationsproducte mindestens doppelt so gross gewesen sei. Zur Bestimmung saugte er mittelst eines Aspirators 5 bis 20 l Luft durch einen mit Natronlauge oder Lösung von kohlensaurem Natron beschickten Absorptionsapparat. In der Absorptionsflüssigkeit wurde die aufgenommene salpetrige Säure mittelst des Gries'schen Reagens' (Sulfanilsäure und Alpha Naphtylamin in essigsaurer Lösung) colorimetrisch bestimmt.

Im Gegensatz zu Cramer, der die Gasbeleuchtung für relativ unschädlich hält, glaubt v. Bibra[5]) »auf die Thatsache hinweisen zu müssen, dass unter dem Einfluss der N-Oxydations-

1) Louis Ilosvay de N. Ilosava. Ber. d. d. chem. Ges., 1889, 793 ff. und andere. Literatur bei v. Bibra. Archiv f. Hygiene, Bd. XIV, S. 216.

2) Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXI, S. 270.

3) Literatur bei v. Bibra, a. a. O., S. 229.

4) a. a. O.

5) a. a. O, S. 238.

producte eine Schädigung der Respirationsschleimhäute stattfindet, daneben aber höchst wahrscheinlich Methämoglobin im Blute gebildet wird.« Weiter sagt er: »Es ist nun nicht anzunehmen, dass diese Einwirkungen, besonders wenn sie sich oft wiederholen, spurlos am Organismus vorübergehen. Es ist vielmehr sehr gut denkbar, dass die Alterirung der Lungenschleimhaut durch die geringen Mengen der salpetrigen Säure, wie sie in den Verbrennungsproducten der Leuchtstoffe sich finden, ein Glied in der Kette der prädisponirenden Momente für die Ansiedelung von Mikroorganismen bildet. Nicht unmöglich ist ferner, dass mit der Methämoglobinbildung eine Minderung der Widerstandskraft des Blutes gegen dieselben Elemente Hand in Hand geht.«

Nach den Ergebnissen meiner früher besprochenen Prüfungen auf flüchtige Säuren überhaupt und auf Oxydationsproducte des Stickstoffs insbesondere (S. 27) glaubte ich zuerst, bevor ich die Arbeit v. Bibra's kannte, dass letztere unter den Verbrennungsproducten des Gases, mit dem ich arbeitete, in so kleinen Mengen zugegen waren, dass sie sich kaum messen liessen. Nach dem Versuch 3—4/11 S. 24, dem einzigen, bei dem eine die Fehlergrenze der Methode überschreitende Menge flüchtiger Säuren gefunden wurde, kommen auf 34,6 mg Schwefelsäure (= 22,6 mg SO_2) 4,1 mg. Wenn wir voraussetzen, dass hier kein Versuchsfehler vorliegt, wenn wir weiter die 22,6 mg SO_2 entsprechende Menge Kohlensäure berechnen (1 mg SO_2 entspricht 0,25 l Kohlensäure S. 28) und wenn wir endlich die 4,1 m HSO_4 aequivalente Menge Salpetersäue berechnen, so bekommen wir 5,65 l CO_2 und 5,3 mg HNO_3. Rechnen wir nun mit den von v. Bibra gefundenen Kohlensäuregehalt eines Versuchszimmers (0,5 %), so würden 100 l einer solchen Luft 0,47 mg Oxydationsproducte des Stickstoffs als HNO_3 berechnet enthalten können, also etwas über das doppelte von dem von v. Bibra gefundenen Gehalt an salpetriger Säure. Ich muss aber in dieser Verbindung daran erinnern, dass die von mir berechnete Zahl einerseits einen Maximalwerth darstellt, der mir in seltenen Fällen erreicht zu werden scheint, und andererseits dass v. Bibra nur die salpetrige Säure, nicht aber die Salpetersäure bestimmt hat.

Dass in der That die bei der Verbrennung des Leuchtgases in Christiania gebildeten Mengen N-Oxydationsproducte jedenfalls eben so klein, wenn nicht kleiner sind als die von v. Bibra gefundenen, geht aus einigen Versuchen hervor, die ich ganz in derselben Weise wie v. Bibra mit der Luft aus meinem Schornstein angestellt habe. Diese wurde durch zwei Natronlauge enthaltende Waschfläschchen langsam während ca. 20 Stunden gesogen. Der Inhalt der Fläschchen wurde nach beendetem Versuch in einen 100 ccm Messkolben gespült und bis zur Marke verdünnt. Die darin enthaltene Menge salpetriger Säure wurde mit dem Gries'schen Reagens colorimetrisch bestimmt. Als Vergleichsflüssigkeit diente eine Lösung von geschmolzenem salpetrigsaurem Natron, die 0,025 g im Liter enthielt.

In Ermangelung eines Colorimeters bediente ich mich des von Rubner[1]) angegebenen Verfahrens mit einer Reihe möglichst gleich dicker Reagenzröhrchen. Es wurde ein Versuch mit jedem der drei benutzten Brenner angestellt.

Brenner	Liter Luft durchzogen	Darin mg N_2O_3	mg N_2O_3 in 100 l Luft
Schnittbrenner	92	0,33	0,36
Argandbrenner	60	0,23	0,40
Auer von Welsbach's Brenner . .	78	0,17	0,22

Die in 100 l gefundenen Mengen salpetriger Säure (N_2O_3) sind für den Schnitt- und Argandbrenner ungefähr doppelt so gross wie die v. Bibra (0,2 mg in 100 l). Da indessen der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft, die v. Bibra untersuchte, durchschnittlich nur 0,5 % war, während die Luft des Schornsteins bei meinen Versuchen mit Schnitt- und Argandbrenner (siehe später bei meinen Thierversuchen) zwischen 2 und 3 % Kohlensäure enthielt, so darf ich schliessen, dass die Mengen salpetriger Säure, die im Verhältnis zur Kohlensäure gebildet wurden, bei meinen Versuchen kaum mehr als die Hälfte von denen bei v. Bibra's Versuchen waren.

1) Lehrbuch der Hygiene, S. 334.

Bei dem Auer v. Welsbach'schen Brenner wurde noch weniger salpetrige Säure gefunden, was wohl daher rührt, dass dieser Brenner weniger Gas verbraucht und also weniger Kohlensäure producirt. Die Luft im Schornstein ist deshalb weniger kohlensäurereich gewesen (cfr. meine Thierversuche). Das Verhältnis zwischen Kohlensäure und salpetriger Säure braucht dabei nicht geändert gewesen zu sein.

Es fällt mir schwer zu glauben, dass so kleine Mengen Oxydationsproducte des Stickstoffs wie die, die sowohl nach v. Bibra's wie nach meinen Versuchen bei Verbrennung von Leuchtgas entstehen, auf die Gesundheit schädlich einwirken können. Bei der Besprechung meiner Thierversuche werde ich auf diese Frage etwas näher eingehen.

Trotzdem dass Arsenverbindungen, soweit mir bekannt, nie im Leuchtgase nachgewiesen sind, liegt doch eine Möglichkeit vor, dass sie in demselben enthalten sein können. In den Steinkohlen findet sich nämlich häufig Schwefelkies, der bekanntlich arsenhaltig sein kann. Ginge nun dieses Arsen in das Leuchtgas über, so würde es wohl dort in Form von Arsenwasserstoff zugegen sein, welcher in der Flamme zu arseniger Säure verbrennen würde. Dass von dieser giftigen Substanz keine messbaren Mengen sich unter den Verbrennungsproducten befinden, das zeigen schon die oben erwähnten Untersuchungen auf flüchtige Säuren. Die arsenige Säure ist ja nämlich eine solche. Dass aber das Leuchtgas in Christiania überhaupt nicht eine Spur von Arsenverbindungen enthält, habe ich in folgender Weise dargethan.

Ich leitete das Gas von einer Gasuhr aus durch ein ausgezogenes Rohr von schwer schmelzbarem Glase, das ganz in derselben Weise angefertigt war wie die Röhren, die zu gewöhnlichen Arsenproben benutzt werden. Eine der weichen Stellen des Rohres wurde stark erhitzt. Wären nun Arsenverbindungen in dem Leuchtgase enthalten, so konnte man mit Sicherheit voraussetzen, dass diese bei Gegenwart der im Leuchtgase enthaltenen Kohlenwasserstoffe und des Wasserstoffs unter Bildung eines Arsenspiegels reducirt werden müssten. Dergleichen habe ich jedoch nie beobachtet, obwohl ich das Leuchtgas in grossen

Mengen und während langer Zeit durch das glühende Glasrohr geleitet habe.

Datum	Zeitdauer		Liter Gas verbraucht
	Std.	Min.	
25. XI.	9	0	186
27. XI.	7	0	209
28. XI.	6	30	189
29. XI.	4	50	137
30. XI.	7	0	203
1. XII.	7	40	245

Ich darf es deswegen als erwiesen ansehen, dass das Leuchtgas in Christiania keine Arsenverbindungen enthält.

III. Untersuchung des gebildeten Wassers.

Es wäre zu erwarten, dass durch Abkühlung und Verdichtung des bei der Gasverbrennung gebildeten Wassers auch andere, nicht allzu flüchtige Substanzen mit dem Wasser verdichtet werden. Deswegen habe ich dieses Wasser in grosser Menge gesammelt und einer näheren Untersuchung unterworfen, ob etwas darin wirklich zu finden wäre. Die mit Verbrennungsproducten gemischte Luft aus dem Schornstein habe ich in raschem Strom durch zwei aneinandergereihte Glaskühler in einen Kolben geleitet. In dem Kolben sammelten sich dann nach und nach mehrere dieser Wasser an. Die Versuche wurden mit jedem der drei benutzten Brenner wiederholt.

Dieses Wasser reagirte schwach sauer, war klar und durchsichtig und hatte eine sehr schwache, grünliche Farbe, die beim Neutralisiren mit Ammoniak in eine sehr schwach gelbliche oder bräunliche überging. Um vorläufig eine Vermuthung darüber zu bekommen, ob erhebliche Quantitätchen fremdartiger Substanzen darin gelöst wären, bestimmte ich mittelst eines Sprengelschen Piknometers sein specifisches Gewicht.

Brenner	Schnitt-	Argand-	Auer v. Welsbach-
Temperatur des Wassers	14,5° C.	21,5° C.	15,5° C.
Spec. Gewicht bei dieser Temperatur	0,9986	0,9984	0,9987
Spec. Gewicht von reinem Wasser bei derselben Temperatur	0,9992	0,9980	0,9991

Wie man sieht, findet sich erst in der vierten Decimale ein Unterschied von dem specifischen Gewicht des reinen Wassers. Die Zahlen sind das Resultat nur einer einzigen Beobachtung. Es ist deswegen möglich, dass die vierte Decimale nicht mehr als ganz zuverlässig anzusehen ist.

Dem sei nun wie ihm wolle. Die Zahlen zeigen, dass ich vor der Hand nicht erwarten konnte, in dem Wasser grössere Mengen gelöster Substanzen zu finden.

Zu 100 ccm von diesem Wasser wurde nun die Schwefelsäure durch Fällung mit Chlorbaryum und Wägung als $BaSO_4$ bestimmt.

Eine zweite, ebenso grosse Portion wurde mit Bromsalzsäure oxydirt, dann wurde die jetzt darin befindliche Schwefelsäure gewichtsanalytisch bestimmt. Die Differenz zwischen den aus den beiden Schwefelsäurebestimmungen gefundenen Mengen H_2SO_4, die also in dem Wasser als schweflige Säure zugegen gewesen sein mussten, wurde in H_2SO_3 umgerechnet.

Nach den im vorigen Kapitel gefundenen Werthen konnte ich berechnen, dass in 100 ccm Wasser 0,2683 g H_2SO_4 enthalten sein würde, wenn die gesammte Menge schweflige Säure, mit den Verbrennungsproducten aus dem Schornstein gezogen wurde, in dem verdichteten Wasser als Schwefelsäure (H_2SO_4) enthalten wäre.

Brenner	Schnitt-	Argand-	Auer v. Welsbach-
100 g Wasser entsprechende	g	g	g
berechnete H_2SO_4	0,2683	0,2683	0,2683
gefundene H_2SO_4	0,0042	0,0053	0,0048
gefundene H_2SO_3	0,0042	0,0048	0,0078

Aus den gefundenen Zahlen geht hervor, dass nur ein kleiner Bruchtheil der gebildeten, schwefelhaltigen Verbrennungsproducte mit dem Wasser niedergeschlagen ist. Es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die bei der Gasverbrennung gebildete Schwefelsäure vollständig in das Wasser in Lösung gegangen ist, während die mit dem Luftstrom fortgeführten Mengen schwefelhaltiger Verbrennungsproducte nur aus der weit mehr flüchtigen, schwefligen Säure bestanden haben. Daraus kann man schliessen, dass der im Leuchtgas enthaltene Schwefel fast ausschliesslich zu schwefliger Säure und nur zum kleinsten Theil (ca. 2%) zu Schwefelsäure verbrannt wird. Binnen kürzerer oder längerer Zeit wird selbstverständlich alle schweflige Säure in der mit Wasserdampf durchtränkten Luft in Schwefelsäure verwandelt werden. Wie lange Zeit dieser Prozess aber in Anspruch nehmen wird, davon ist es vor der Hand unmöglich, eine begründete Vermuthung aufzustellen.

Eine dritte, ebenfalls 100 ccm messende Portion des gebildeten Wassers wurde mit Ammoniak genau neutralisirt und in einer gewogenen Platinschale eingedampft. Der Eindampfungsrückstand wurde durch eine zweite Wägung der Schale bestimmt. Dann wurde die Schale geglüht und nochmals gewogen, um den Glührückstand zu bestimmen. Die weggeglühte Substanz (Differenz zwischen dem Eindampfungsrückstand und Glührückstand) bestand, wie sich aus dem früher bestimmten Gehalt des Wassers an H_2SO_3 und H_2SO_4 berechnen liess, zum weitaus grössten Theil aus den Ammonsalzen dieser Säuren.

Brenner	Schnitt-	Argand-	Auer v. Welsbach-
Eindampfungsrückstand	0,0185 g	0,0245 g	0,0244 g
Glührückstand	0,0007 »	0,0013 »	0,0011 »
Differenz (weggeglühte Substanz) .	0,0178 »	0,0232 »	0,0233 »
Davon $(NH_4)_2SO_4$ und $(NH_4)_2SO_3$.	0,0115 »	0,0140 »	0,0177 »
Differenz (organische Substanz?) .	0,0063 »	0,0092 »	0,0056 »

Der Theil von der weggeglühten Substanz, der aus Ammonsalzen nicht bestanden hat, ist wahrscheinlich irgend eine

organische Substanz gewesen, die entweder von der Flamme selbst herrührte oder von der dieselbe umgebenden atmosphärischen Luft (Staub etc.). Da ich mit allzu kleinen Mengen davon zu thun hatte, um sie einer weiteren chemischen Prüfung zu unterwerfen, habe ich mich damit begnügen müssen, mich durch ein Thierexperiment zu überzeugen, ob das gesammelte Wasser überhaupt giftige Eigenschaften besässe.

Gleiche Mengen des von dem Schnittbrenner und von dem Auer v. Welsbach'schen Brenner gebildeten Wassers wurden gemischt und von diesem Gemisch wurden 5 bis 6 ccm unter die Haut eines Kaninchens eingespritzt. Das Thier wurde mehrere Tage hindurch beobachtet, zeigte aber keine Spur einer Reaction.

Einer anderen Portion des Gemisches wurde Kochsalz zugesetzt bis zu einem Gehalte von 0,6 bis 0,7 %. Von dieser Lösung wurden 5 ccm durch die Ohrenvene eines anderen Kaninchens direct in die Blutbahn eingespritzt.

Dieses Thier zeigte ebensowenig eine Reaction wie das andere.

In den Säftestrom des Körpers hineingebracht, scheinen also die in dem aufgesammelten Wasser enthaltenen Substanzen keine giftigen Eigenschaften zu entfalten.

In dem Wasser wurde kein Ammoniak gefunden. Wenn Ammoniak unter den Verbrennungsproducten des Leuchtgases zugegen gewesen wäre, so wäre es in höchstem Grade wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil desselben von den schwefelhaltigen Säuren gebunden wäre. Da nun dies nicht der Fall war, so darf ich schliessen, dass sich unter den Verbrennungsproducten kein Ammoniak befunden hat.

Die Prüfung geschah in folgender Weise: 100 ccm jeder der von den verschiedenen Brennern herstammenden Wasserproben wurden mit Natronlauge destillirt und das Destillat in tritrirter $\frac{1}{10}$ n-Schwefelsäure aufgefangen. Die Schwefelsäure wurde nach beendeter Destillation in gewöhnlicher Weise zurücktitrirt.

Schliesslich ist zu bemerken, dass das Wasser Spuren von salpetriger Säure enthielt. Das Gries'sche Reagens gab einen

positiven Ausschlag, nicht aber Jodzinkstärkekleister, was wohl daher rührt, dass das Wasser schweflige Säure enthielt, welche die Reaction etwas behindert.

Auch nach Blausäure wurde gesucht und zwar mit den obenerwähnten Methoden und mit ganz demselben Resultat. Die eine Reaction hatte ein negatives Ergebnis, die andere bald ein negatives, bald ein positives, im letzteren Falle aber ein ausserordentlich schwaches.

IV. Thierversuche.

Die chemische Untersuchung der bei der Gasverbrennung entstandenen, die Luft verunreinigenden Producte hat also gezeigt, dass gewisse, zum Theil ziemlich giftige Substanzen unter denselben auftreten. So sind schweflige und salpetrige Säure immer und gewisse, mehr näher charakterisirte organische Verbindungen zuweilen zugegen. Zwar sind die Mengen derselben so gering, dass man von vornherein vermuthen durfte, dass sich deren schädliche Eigenschaften kaum geltend machen konnten. Vom hygienischen Standpunkte aus kann indessen ein solcher Schluss nicht als gerechtfertigt angesehen werden. Bekanntlich gibt es z. B. in der Luft überfüllter Lokale gewisse Substanzen, die von der Perspiration der dort sich aufhaltenden Menschen herrührten und deren Giftigkeit zweifellos ist, während man sie chemisch weder nachweisen noch bestimmen kann.

Etwas ähnliches konnte bei der Verunreinigung der Luft bei Gasbeleuchtung sehr wohl der Fall sein. Erstens ist eine, allerdings wie es mir scheint, kaum grosse Möglichkeit vorhanden, dass die kleinen Mengen der schwefel- und stickstoffhaltigen Säuren durch fortgesetzte Einwirkung gesundheitsschädlich werden konnten, und zweitens konnten unter den Verbrennungsproducten noch andere Substanzen vorhanden sein, die sich wegen der ungenügenden Empfindlichkeit unserer chemischen Methoden nicht nachweisen liessen. Endlich haben wir ja beim Auer v. Welsbach'schen Brenner auch unverbrannte kohlenstoffhaltige Substanzen wirklich gefunden, von deren Eigenschaften wir weder in chemischer noch in hygienischer Hinsicht etwas näheres wissen.

Die einzige Art und Weise, in der diese Fragen erledigt werden können, ist die vermittelst des Thierversuchs. Nun ist es aber aus leicht ersichtlichen Gründen im Allgemeinen nicht zu erwarten, dass ein Thierversuch, angestellt unter den im gewöhnlichen Leben statthabenden Verhältnissen Aufschlüsse über die eventuelle Schädlichkeit derselben geben sollte. Wenigstens muss der Versuch dann durch sehr lange Zeit ununterbrochen fortgesetzt werden. Sicherer und schneller kommt man dagegen zum Ziel, wenn man die schädlichen Potenzen, die vermittelst des Thierversuchs untersucht werden sollen, in hohem Grade steigert, um dadurch, wenn möglich, deutlich hervortretende Krankheitszustände oder den Tod des Thieres hervorzurufen. Bei der Untersuchung der Einwirkung der Verbrennungsproducte des Leuchtgases auf den thierischen Organismus muss demgemäss dafür gesorgt werden, dass die von den Thieren geathmete Luft überaus reich daran ist.

Soweit mir bekannt, ist Cramer[1]) der einzige, der solche Versuche eingeführt hat. Er liess in zwei Versuchen Meerschweinchen eine Luft athmen, die mit den Verbrennungsgasen eines Schnittbrenners stark verunreinigt war. Die Luft enthielt bis gegen 4,5 % Kohlensäure. In dem einen Versuche starb das Thier, nachdem es 5 Tage hindurch täglich 10 bis 11 Stunden die Verbrennungsproducte geathmet hatte, an lobulärer Pneumonie. In dem anderen, der 12 Tage nacheinander fortgesetzt wurde, und in dem das Thier bis 24 Stunden ununterbrochen die Verbrennungsproducte athmete, blieb es gesund und wurde später viele Wochen hindurch zu anderen Respirationsversuchen verwendet.

Cramer glaubt, und wie es mir scheint mit Recht, »mit diesen Versuchen den übertriebenen Vorstellungen von den schweren Schädigungen durch geringfügige Verunreinigungen der Luft entgegentreten zu können.«

Auch die von mir angestellten Thierversuche genügen an und für sich, um den Beweis zu liefern, dass Gasbeleuchtung nicht

1) a. a. O.

schädlich für die Gesundheit zu sein braucht. Sie wurden mit Mäusen angestellt, welche für schädliche Impulse aller Art ziemlich empfindlich sind und doch während drei Tagen ununterbrochen in einer mit Verbrennungsproducten des Leuchtgases stark verunreinigten Atmosphäre im besten Wohlergehen zu leben vermochten.

Die Luft wurde vom Schornstein aus direct in eine 7,2 l fassende Glasglocke (Fig. 6) geleitet, in der sich das Thier befand. Die Glocke war oben mit einem durch einen Kautschukstöpsel

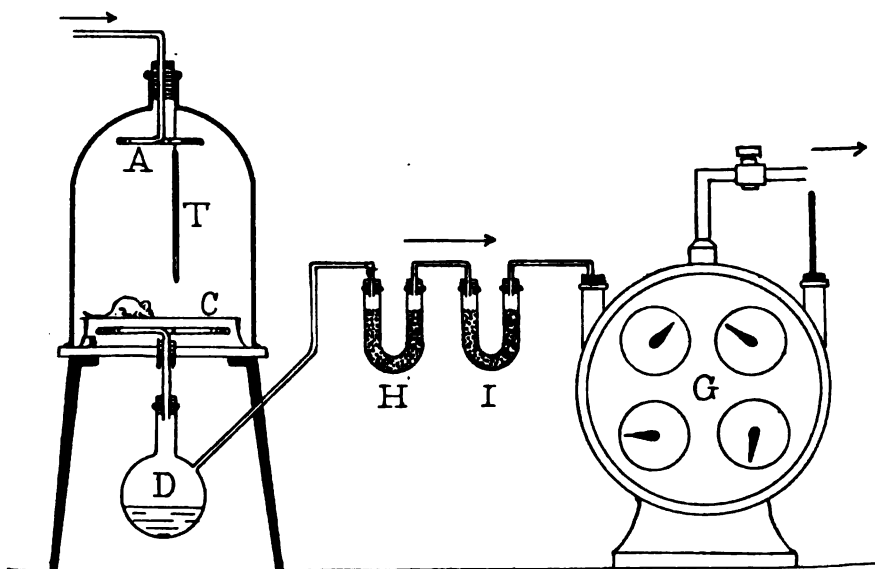


Fig. 6.

verschlossenen Tubulus versehen. Durch den Stöpsel führte ein Glasrohr vom Schornstein in die Glocke, in welcher das Rohr zu einem horizontal gelegenen Ringe (*A*) gebogen war. Dieser Ring war mit kleinen Ausflussöffnungen für die einströmende Luft versehen.

Unten ruhte die Glocke auf einem plangeschliffenen, in der Mitte durchlöcherten Luftpumpenteller. Die Luft wurde durch einen am Boden der Glocke angebrachten Ring aus Glasrohr (*B*), ähnlich dem oben angebrachten, aus der Glocke hinausgesogen. Ueber diesem Ringe war ein auf kleinen Füssen ruhendes Draht-

netz (*C*) angebracht, auf welchem das Thier herumlaufen konnte. In der Glocke war ausserdem ein Thermometer (*T*) aufgehängt.

Von der Glocke aus wurde die Luft durch einen doppelt tubulirten Kolben (*D*) geleitet, wo das Wasser grösstentheils verdichtet wurde und von diesem durch eine Gasuhr (*G*). Zwischen dem Kolben und der Gasuhr konnten zwei U-förmige Röhren, die eine (*H*) mit Chlorcalcium, die andere (*J*) mit Natronkalk eingeschaltet werden. Das letztere diente zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der durchgesogenen Luft. Der Luftstrom wurde durch das oben beschriebene Quecksilberventil, das sich zwischen der Gasuhr und der Wasserstrahlpumpe befand, regulirt.

Es wurde ein Versuch mit jedem der drei benutzten Brenner angestellt. Die Thiere lebten drei Tage und Nächte hindurch fast ununterbrochen in der Glocke. Nur jeden Morgen wurden die Versuche eine Viertelstunde unterbrochen behufs Reinigung der Glocke und Einsetzen von neuem Futter.

Die Resultate lassen sich am besten in tabellarischer Form übersichtlich darstellen.

Brenner	Schnitt-	Argand-	Auer v. Welsbach-
Die Gasuhr zeigte	3197 l	5259 l	2396 l
Die Glocke ventilirt 1 mal in .	9,9 Min.	5,9 Min.	12,6 Min.
	Vol.-Proc. CO_2	Vol.-Proc. CO_2	Vol.-Proc. CO_2
Luftproben . .	29. XI. Vorm. 1,92	4. XII. Vorm. 2,70	22. XI. Nachm. 1,02
	30. XI. Nachm. 2,42	5. XII. Nachm. 3,12	23. XI. Vorm. 1,82
	30. XI. Nachm. 2,71		

Die Temperatur in der Glocke hielt sich gewöhnlich ungefähr bei 19° bis 21° C. mit Schwankungen von 15° bis 29° C.

Als Indicator für die Grösse der Verunreinigung der Luft diente der Kohlensäuregehalt derselben. Dieser betrug von 1 bis 3 % eine Höhe, die in unseren Wohnzimmern unter keinen Umständen vorkommen wird. Da nun trotzdem die Thiere sich wohl zu befinden schienen, ihr Futter frassen und sich lebhaft bewegten, so dürfen wir wohl Cramer beistimmen und die Gegenwart von giftigen Substanzen in Mengen, die schädlich auf die

Gesundheit einwirken konnten, ausschliessen. Selbstverständlich gilt aber dies nur dann, wenn das Gas von guter Qualität ist und die Brenner von zweckmässiger Construction sind und keinen übelen Geruch verbreiten.

Ob in der Glockenluft Kohlenoxyd zugegen gewesen ist, habe ich zum Gegenstand einer genaueren Prüfung gemacht, deren Resultat aber negativ ausfiel. Ich befolgte dabei das von Hempel in seinen »Gasanalytischen Methoden« beschriebene Verfahren, bei welchem das Kohlenoxyd im Blute von Thieren, die die zu prüfende Luft eingeathmet haben, spectroskopisch nachgewiesen wird. Nach Hempel liegt die Empfindlichkeitsgrenze dieser Methode bei einem Kohlenoxydgehalte der Luft von 0,03 % und die Giftigkeitsgrenze für Mäuse bei 0,05 %, so dass die Methode bei der bei meinen Thierversuchen stattfindenden starken Verunreinigung der Luft als vollkommen ausreichend angesehen werden darf.

Die Thiere wurden nach Beendigung der Versuche durch Ertränken getödtet, das Blut durch Zerschneiden in der Herzgegend entleert und mit 0,1 % Sodalösung passend verdünnt.

Die Reduction wurde nicht in der von Hempel angegebenen Weise mit Schwefelammonium vorgenommen. Es tritt nämlich dabei eine Zersetzung des Hämoglobins ein, was sich bei der spectroskopischen Beobachtung dadurch kennzeichnet, dass der für das Methämoglobin eigenthümliche Absorptionsstreifen auftritt. Einer solchen Zersetzung entgeht man, wenn man die Reduction mittelst Durchleitung von Wasserstoff in einem luftdicht verschlossenen Glasgefäss vornimmt.

Das Blut der Thiere liess sich mit Wasserstoff vollständig reduciren. Die bekannten zwei Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins verschwanden nach einiger Zeit und an ihrer Stelle trat das für das reducirte Hämoglobin charakteristische breite, dunkle Band auf. Bekanntlich geschieht dies nicht mehr, wenn das Blut Spuren von Kohlenoxyd enthält.

Ebenfalls war, wenn das Oxyhämoglobin mit Wasserstoff reducirt wurde, von dem im rothen Theil des Spectrums liegenden charakteristischen Streifen des Methämoglobins nichts zu sehen,

was insofern von Interesse ist, als bei Vergiftungen mit salpetriger Säure Methämoglobin im Blute auftreten soll.

Prüfung der Luft in Wohnräumen mit Gasbeleuchtung.

Um beurtheilen zu können, in wie grosser Menge die obenbesprochenen schädlichen Substanzen, namentlich die schweflige Säure in einem mit Gas beleuchteten Wohnraum unter gewöhnlich im täglichen Leben vorkommenden Verhältnissen vorkommen können, habe ich Analysen der Luft in solchen Räumen vorgenommen. Dabei wurde der Kohlensäure- und Wassergehalt der Luft bestimmt und aus dem ersteren der Gehalt an schwefliger Säure berechnet.

Zwar finden sich in der Litteratur vielfach Angaben über den Kohlensäuregehalt der Zimmerluft bei verschiedenen Beleuchtungsarten, auch bei Gasbeleuchtung. So fand Zoch[1]) bei der Benutzung einer Gasflamme nach vier Stunden einen Kohlensäuregehalt von 2,94 ‰. Erismann[2]) fand bei verschiedenen Versuchsanordnungen 0,386 bis 1,82 ‰ Kohlensäure, Cramer[2]) 1,5 bis 3,56 ‰. v. Bibra[2]) fand in einem 427 cbm grossen Raume, wo zehn Gasflammen brannten, 0,5 ‰ u. s. w.

Ich hielt es aber für unstatthaft, die in der Litteratur vorgefundenen Resultate solcher Bestimmungen bei meinen Berechnungen zu benutzen, erstens weil sie mit anderen Leuchtgasen angestellt sind, deren Kohlenstoffgehalt ein anderer gewesen sein kann, zweitens weil die angeführten Zahlen wohl kaum Maximalwerthe darstellen, d. h. Grenzen, die selbst unter hygienisch sehr ungünstigen Umständen nicht überschritten werden. Mit solchen Maximalwerthen musste ich aber rechnen, wenn ich bei meiner Beurtheilung der Schädlichkeit der Verbrennungsproducte meines Leuchtgases sicher gehen wollte.

Bei meinen Versuchen wurde auf verschiedene Factoren, die auf die Verunreinigung der Luft Einfluss ausüben, Rücksicht genommen, wesentlich auf die Ventilation des Zimmers und die Zahl der angezündeten Gasflammen. Die Analysen selbst wurden

1) Zeitschr. f. Biologie, III, S. 121.

2) a. a. O.

in der schon früher besprochenen Weise durch Wägung des Wassers und der Kohlensäure vorgenommen. Die Luft wurde zu diesem Zwecke durch gewogene U-förmige Röhren mit Chlorcalcium und Natronkalk und dann durch eine feine Gasuhr gesogen. Zwischen den U-förmigen Röhren und der Gasuhr befand sich ein Quecksilbermanometer und auf der anderen Seite der Gasuhr das mehrmals erwähnte, zum Reguliren des Luftstroms dienende Quecksilberventil. Das Manometer gab an, wie viele Millimeter Quecksilberdruck von dem Barometerstand abzuziehen waren, um den Druck zu bekommen, bei dem die durch die Gasuhr gegangene Luft gemessen war. Die Temperatur der durch die Gasuhr gehenden Luft wurde durch ein in eine Oeffnung des Gasometers luftdicht eingeschaltetes Thermometer gemessen. Wenn nun die Gasuhr, das Manometer, das Thermometer und das Barometer abgelesen wurden, standen alle zur genauen Berechnung des gemessenen Luftquantums nöthigen Factoren zur Verfügung.

Da die Gasuhr eine sogenannte »nasse« war und die Luft sehr langsam durchgesogen wurde, musste ich voraussetzen, dass sie mit Wasserdampf gesättigt gemessen war. Das auf der Gasuhr abgelesene Quantum wurde deswegen auf 760 mm Quecksilberdruck, 0° C. und Trockenheit reducirt. Die gewogenen Mengen Wasser und Kohlensäure wurden dann auf Volumen und zwar auch bei 760 mm Quecksilberdruck und 0° C. umgerechnet.[1]) Die so gefundenen Volumina wurden dem durch die Gasuhr gemessenen und auf Normaldruck und Temperatur reducirten Luftvolumen hinzuaddirt und endlich in Procenten der Summe berechnet. Zu bemerken ist noch, dass die Luftproben an einem Ort in der Mitte des Zimmers, in der Höhe meines Kopfes genommen sind. Die gefundenen Zahlen geben also nur die Zusammensetzung der von mir geathmeten Luft an, nicht die durchschnittliche Zusammensetzung der Zimmerluft, die selbstverständlich an der Decke, am Boden und in der Mitte des Zimmers eine verschiedene gewesen sein kann.

---

1) Landolt und Börnstein, a. a. O.

Die Luftproben wurden vor dem Beginn und beim Schluss des Versuchs genommen.

Ich stellte zwei Versuchsreihen an, eine in einem schlecht ventilirten Zimmer, um einen Begriff davon zu bekommen, wie hochgradig die Luftverunreinigung unter ungünstigen Umständen werden kann, eine andere in einem mit guten Ventilationseinrichtungen versehenen Zimmer. In dem schlecht ventilirten Zimmer (mein eigenes Laboratoriumszimmer) stopfte ich sorgfältig alle Oeffnungen, alle Abzüge und dergleichen zu. Ueber die durch diese Versuche gewonnenen Resultate gibt Tabelle S. 144 u. 145 die nöthigen Aufschlüsse, nur ist zu bemerken, dass der in Volumprocenten angeführte Gehalt der Luft an schwefliger Säure mit Hilfe der früher gefundenen Verhältniszahl zwischen dieser Säure und den gesammten Verbrennungsproducten berechnet ist.

Wir wollen zuerst unsere Aufmerksamkeit auf den zweiten Versuch richten. Bei diesem liess ich 13 Flammen brennen in einem Zimmer, zu dessen Erleuchtung höchstens fünf bis sechs nothwendig sind. Bei meiner täglichen Arbeit benutze ich gewöhnlich drei oder vier. Unter diesen Umständen stieg der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft während acht Stunden bis zu 1 Vol.-Proc. Gleichzeitig stieg die Temperatur bis nahezu 30° C. Beim Aufenthalt in dem Zimmer verspürte ich trotz des grossen Kohlensäuregehaltes nichts von dem von Cramer[1]) bei einen ähnlichen Versuche wahrgenommenen Geruch nach salpetriger Säure. Dagegen empfand ich die hohe Temperatur sehr lästig. Eine so hohe Temperatur würde überhaupt in einem Wohnzimmer nie geduldet werden. Man würde ganz einfach Thüre und Fenster öffnen und bei der in dieser Weise herbeigeführten Auslüftung auch den grössten Theil der gebildeten Kohlensäure wegschaffen. Wir können es deshalb im Grossen und Ganzen wohl ruhig als eine Thatsache ansehen, dass eine Verunreinigung der Luft mit Kohlensäure bis zu 1 % bei Gasbeleuchtung nie oder nur unter exceptionellen Verhältnissen in unseren Wohnräumen statthaben wird. Ein Kohlen-

1) a. a. O.

säuregehalt von 0,6 bis 0,8 % würde aber nach meinen Versuchen 3 und 4 in schlecht ventilirten Zimmern leicht eintreten können. In Zimmern aber, die gute Ventilationseinrichtungen besitzen, wird der Kohlensäuregehalt der Luft kaum 0,2 bis 0,3 % übersteigen.

Der Vermehrung der Kohlensäure wird bei Gasverbrennung eine Verminderung des Sauerstoffes entsprechen. Da nun das Sauerstoffmolekül (O_2) und das Kohlensäuremolekül (CO_2) beide

	Datum	Vor dem Versuch: Gehalt der Luft (Vol.-Proc.) an Wasserdampf	Vor dem Versuch: Gehalt der Luft (Vol.-Proc.) an Kohlensäure	Vor dem Versuch: Temperatur der Zimmerluft	Ver[…]: Die Gasflammen brannten alles in allem Stde.	Die Gasflammen brannten alles in allem Min.	Die Luftanalyse dauerte während der letzten Stde	Die Luftanalyse dauerte während der letzten Min.	Tem[…] Zim[…]: Beim Anstecken der Flammen
				Cels.					Cels.
Schlecht ventilirtes Zimmer. Cubikinhalt 91,820 cbm. Keine Ofenheizung.	25. IX. 93	0,635	0,069	13,3°	1	19	—	47	13,3°
	27. IX. 93	0,674	0,074	13,7°	2	5	—	37	14,5°
	30. IX. 93	0,770	0,118	16,1°	2	26	—	35	16,2°
	3. X. 93	0,963	0,069	16,7°	2	2	1	8	16,8°
	1. XI. 93	0,677	0,092	15,0°	2	10	—	40	15,0°
	6. XI. 93	0,498	0,104	15,6°	2	13	—	38	13,5°
Gut ventilirtes Zimmer. Cubikinhalt 195,610 cbm Ofenheizung.	30. XI. 93	0,564	0,125	21,0°	2	22	—	17	21,5°
	4. XII. 93	0,168	0,089	18,8°	5	31	—	18	18,7°

dasselbe Volumen haben, so wird die Vermehrung der Kohlensäure der Luft um ein Procent eine Verminderung des Sauerstoffs gleichfalls um ein Procent zur Folge haben. Nun wissen wir aber nach den Untersuchungen von P. Bert[1]), Friedländer und Herther[2]), Speck[3]) und anderen, dass es für das Leben und Wohlbefinden der Menschen von gar keiner Bedeutung ist, ob die geathmete Luft 1 % Kohlensäure mehr und 1 % Sauerstoff weniger enthält, als frische Luft enthalten soll.

1) La pression barométrique. Paris 1878.
2) Zeitschr. f. physiolog. Chemie, II, S. 99 und III, S. 19.
3) Physiologie des menschlichen Athmens. Leipzig 1892.

Dasselbe darf ich wohl auch aus meinen Thierversuchen schliessen, bei denen der Kohlensäuregehalt der von den Thieren geathmeten Luft bis über 3 % stieg, ohne einen merkbar schädlichen Einfluss auf das Wohlbefinden der Thiere auszuüben.

Von der Kohlensäure gilt dies aber nur, insofern wir es mit reiner Kohlensäure zu thun haben. Sind derselben, sowie z. B. hier unter den Verbrennungsproducten des Gases, andere Substanzen beigemischt, so können diese selbstverständlich unab-

such selbst

peratur der merluft		Gehalt der Luft (in Vol.-Proc.) an			Relative Feuchtigkeit d. Luft	Brenner				Cubikmeter Luft im Zimmer pr. Brenner
Beim Beginn der Luftanalyse	Beim Schluss der Luftanalyse	Wasserdampf	Kohlensäure	Schwefliger Säure		Schnitt-	Argand-	Binsen	Summe	
Cels.	Cels.									
21,6°	25,0°	1,998	0,951	0,0011	77%	3	6	4	13	7,063
28,2°	29,9°	2,648	1,069	0,0014	64 »	3	6	4	13	7,063
21,3°	21,4°	1,886	0,788	0,0010	58 »	2	3	—	5	18,364
21,4°	22,4°	1,767	0,615	0,0009	63 »	2	3	—	5	18,364
18,8°	19,5°	1,050	0,334	0,0005	46 »	—	3	—	3	30,607
16,4°	16,8°	0,796	0,328	0,0004	42 »	—	3	—	3	30,607
26,5°	27,0°	0,703	0,270	0,0004	22 »	—	—	—	—	27,944
29,5°	29,6°	0,386	0,224	0,0002	11 »	—	—	—	—	27,944

hängig von der Kohlensäure ihre möglichen giftigen Eigenschaften entfalten. Ihre Mengen brauchen nicht denen der Kohlensäure proportional zu sein, weshalb der Kohlensäuregehalt der Luft auch nicht als Indicator für die Verschlechterung derselben brauchbar ist.[1]) Solche giftige Substanzen sind aber, wie meine Thierversuche zeigen, den Verbrennungsproducten des Gases in Christiania beim Gebrauche von guten Brennern nicht in so grossen Mengen beigemischt, dass sie gesundheitsschädliche Wirkungen auszuüben vermögen.

1) Siehe bei Erismann, a. a. O.

Der Gehalt der Luft an schwefliger Säure wird, wenn das Gas 0,7 bis 0,8 g Schwefel pro cbm enthält, in einem Wohnzimmer kaum höher als bis zu 0,001, unter exceptionellen Verhältnissen bis zu 0,0015 Vol.-Proc., steigen, das heisst, in 100 l Luft wird 1 ccm SO_2-Gas enthalten sein.

Wenn man die Untersuchungen von Lehmann[1]) und Hirt[2]) in Betracht zieht, so wird man diesen Mengen von schwefliger Säure, welche aber bei Beleuchtung mit solchem Gase unvermeidlich sind, eine Bedeutung in hygienischer Beziehung kaum beilegen können. Verfügt man in einem mit Gas beleuchteten Wohnzimmer über eine gute Ventilation, so reducirt sich der Gehalt der Luft an schwefliger Säure zu einer verschwindenden Grösse. (0,2 bis 0,4 ccm pro cbm Luft.)

Was den relativen Feuchtigkeitsgrad der Luft anbelangt, so ist dieser nie bis zu excessiven Graden gestiegen. Die höchste von mir gefundene Zahl ist 77 %. Es ist im Gegentheil merkwürdig, wie niedrig er bei den meisten Versuchen gefunden worden ist, besonders da das Leuchtgas im Verhältnis zu anderen Beleuchtungsmaterialien sehr wasserstoffreich ist und also bei der Verbrennung viel Wasser liefert. Die Erklärung dieser Thatsache ist darin zu suchen, dass das Leuchtgas einen hohen Heizwerth hat und demnach die Zimmerluft während der Beleuchtung auch gleichzeitig stark erwärmt. Nun ist es vorzugsweise die kalte Jahreszeit, in der eine Beleuchtung unserer Wohnzimmer mit Gas oder anderen Materialien nothwendig ist, wenigstens im Norden, wo man im Sommer wegen der hellen Nächte überhaupt fast keine künstliche Beleuchtung braucht. In der kalten Jahreszeit aber wird die künstlich erhitzte Zimmerluft wegen des geringen absoluten Feuchtigkeitsgrades der im Freien befindlichen Luft relativ sehr arm an Feuchtigkeit, ein Uebelstand, der unangenehm empfunden wird und dem man dadurch abzuhelfen versucht, dass man mit Wasser gefüllte Schalen auf den Ofen stellt. Unter diesen Umständen muss es entschieden

1) a. a. O.

2) s. Boehm, Naumeyer und Boeck, Handb. der Intoxicationen.

als ein Vortheil bei der Gasbeleuchtung angesehen werden, dass dieselbe einen Zuwachs des Feuchtigkeitsgrades der Zimmerluft veranlasst.

Obgleich die mir vorgelegte Frage nach der Schädlichkeit der Verbrennungsproducte des Leuchtgases durch die oben auseinandergesetzten Versuchsresultate eine ausreichende Beantwortung gefunden hat, will ich doch noch einen Factor etwas näher besprechen, der eigentlich nicht hierher gerechnet werden kann, welcher aber in hygienischer Beziehung eine nicht zu unterschätzende Bedeutung besitzt, nämlich die mit der Gasverbrennung verbündete Wärmeentwickelung.

Wenn in einem Zimmer mehrere Gasflammen brennen, entwickelt sich dabei eine Hitze, die unter Umständen sehr lästig werden kann, um so mehr, weil es scheint, als ob die Temperatur durch Ventilation des Zimmers nicht gemässigt werden kann. Aus den zwei zuletzt angeführten Versuchen, die beide unter ganz gleichen Umständen ausgeführt wurden, nur mit dem Unterschied, dass der eine 2 Stunden 22 Minuten dauerte, der andere 5 Stunden 31 Minuten, geht nämlich hervor, dass der Kohlensäuregehalt infolge der guten Ventilation bei 0,2 bis 0,3 Vol.-Proc. stationär blieb, während die Temperatur der Zimmerluft fortwährend stieg, bei dem letzten Versuch bis zu 29,6° C. Nach dem Erlöschen der Gasflammen hielt sich die Temperatur mehrere Stunden hindurch trotz der Ventilation über 25° C.

Die Erklärung dieses Umstandes ist nicht in der bei diesen zwei Versuchen bestehenden Ofenheizung zu suchen. Diese treibt unter gewöhnlichen Umständen die Zimmertemperatur nie so stark in die Höhe. Vielmehr liegt der Grund darin, dass die vielen Gasflammen eine grosse Menge strahlender Wärme aussenden. Diese erhitzt dann Decke, Boden und Wände des Zimmers, welche später ihre Wärme an die von aussen eintretende frische Luft abgeben.

So lange die bei der Gasbeleuchtung entstandene Wärmeentwickelung noch keine zweckmässige Anwendung gefunden hat, müssen wir sie als einen Uebelstand ansehen. Dann müssen

wir aber auch, wenn wir der Gasbeleuchtung eine gerechte Beurtheilung zu Theil werden lassen wollen, uns daran erinnern, dass Wärmeentwickelung überhaupt mit jeder Art von Beleuchtung, die durch Verbrennung geschieht, untrennbar verbunden ist. Ob die Verhältnisse in dieser Beziehung bei Beleuchtung mit Gas sich schlechter oder besser stellen, als bei Beleuchtung mit anderen Materialien, wie Petroleum, Stearinkerzen u. s. w., kommt deswegen darauf an, ob letztere bei Entwickelung desselben Lichtmenge mehr oder weniger Wärme bilden als das Gas.

Nachstehende Tabelle gibt darüber für die Verhältnisse, wie sie in Christiania bestehen, einigen Aufschluss. Die Zahlen sind für die stündliche Erzeugung von 100 englischen Normalkerzen Helligkeit berechnet.

	100 englische Normalkerzen Helligkeit pro Stunde				
	Materialverbrauch	Wasser g	Kohlensäure g	Calorien	Preis in Christiania in Oere[1])
Schnittbrenner	1160 l Gas	1044G.	805G.	6380C.	17,4
Sugg's Argandbrenner	876 » »	808 »	683 »	4820 »	13,1
Regenerativlampe	430 » »	387 »	335 »	2370 »	6,5
Auer'sches Glühlicht	200 » »	180 »	156 »	1100 »	3,0[2])
Stearinkerzen	830 g Stearin	847C.	2316C.	7140 »	127,0
Gute Petroleumlampe	313 g Petroleum	398 »	980	3440 »	4,7
Elektrisches Glühlicht				290 »	24,0

Die mit »C.« bezeichneten Zahlen sind nach den von Cramer[3]) gefundenen Werthen für Kohlensäure-, Wasser- und Wärmebildung bei Verbrennung von Gas, Stearin und Petroleum berechnet. Die mit »G.« bezeichneten Zahlen sind nach den Ergebnissen meiner eigenen Elementaranalysen des Leuchtgases in Christiania, und die Zahlen der ersten Reihe nach Mittel-

1) Eine Oere ist ungefähr 1,12 Pfennige.

2) Die Ausgaben zum Mantel nicht mitgerechnet.

3) a. a. O. Die Verbrennungswärmen sind in obiger Tabelle für das Gas zu rund 5500 Calorien per 1000 l, für Stearin zu 8600 und für Petroleum zu 11000 Calorien per Kilo gerechnet.

werthen berechnet, die bei zahlreichen am Gaswerke in Christiana angestellten Versuchen gefunden wurden.

Aehnliche Tabellen finden sich in Rubner's Lehrbuch der Hygiene S. 245 und in Wagner's Jahresberichte der chemischen Technologie 1891 S. 67. Die Angaben dieser stimmen im Grossen und Ganzen mit den oben angeführten so gut überein, wie es bei den Verschiedenheiten der örtlichen Verhältnisse erwartet werden kann. Aus sämmtlichen ergibt sich, dass bei Gasbeleuchtung sowohl die Kohlensäure- als die Wärmeproduktion unter allen Umständen geringer als bei Kerzenbeleuchtung und unter Umständen auch als bei Petroleumbeleuchtung ist. Es ist dies von dem benutzten Gasbrenner abhängig. Beim Auer v. Welsbach'schen Glühlicht stellen sich die Verhältnisse besser und beim Schnittbrenner viel schlechter als bei einer guten Petroleumlampe. Kommt nun dazu, dass Stearinkerzen gewöhnlich und Petroleum zuweilen Schwefelsäure enthalten, welche bei der Verbrennung in die Luft übergeht, und dass, wie aus Cramer's und Erismann's Untersuchungen hervorgeht, alle brennbaren Beleuchtungsmaterialien ein wenig unverbrannte Substanzen liefern, so dürfen wir wohl behaupten, dass keine Gründe vorliegen, welche dafür sprechen, dass Gasbeleuchtung schädlicher für die Gesundheit ist, als Beleuchtung mit andern Substanzen bei denen Licht durch Verbrennung erzeugt wird. Bei der Benutzung von zweckmässigen Brenner wie des Auer v. Welsbach'schen oder des Argandbrenners und von reinem Leuchtgas, d. h. Gas, welches möglichst frei von stickstoff- nnd schwefelhaltigen Verbindungen ist, stellen sich die Verhältnisse im Gegentheil ebensogut oder besser als bei Petroleum, welches doch zu den zweckmässigsten Beleuchtungsmaterialien gerechnet werden muss.

In Verbindung mit obiger Darstellung meiner eigenen Versuche über die Hygiene der Gasbeleuchtung will ich nicht versäumen, die Aufmerksamkeit zu lenken auf einige am Gaswerke in Christiania von dem Gärtner P. Növik angestellte Versuche über die Einwirkung der Gasbeleuchtung auf Pflanzen. Diese

Versuche dürften der Mehrheit der Leser dieser Zeitschrift unbekannt sein, während sie doch in hygienischer Beziehung sehr bemerkenswerth sind und deswegen auf allgemeineres Interesse Ansprüche machen dürfen. Seine Versuchsresultate hat Herr Növik in einer kleinen Notiz in »Norsk Havetidende« (Norwegische Gartenzeitung) 1889, S. 73 niedergelegt. Sie lautet in wörtlicher Uebersetzung:

„Die Wirkung des Leuchtgases auf Pflanzen."

»Es ist eine bekannte Sache, dass dem Leuchtgase eine so schädliche Wirkung auf Pflanzen beigelegt wird, dass man fast alle Kultur von Pflanzen in Zimmern, die mit Gas beleuchtet sind, für unmöglich hält. Etwas Uebertreibung ist jedoch darin. Ist nämlich die Gasleitung dicht, und benutzt man die jetzt gewöhnlichen Specksteinbrenner, nicht eiserne Brenner, so kann man trotz der Gasbeleuchtung in seinen Zimmern eine ganz hübsche Sammlung von Pflanzen haben. Auf Veranlassung des Gaswerkes in Christiania ist, um diese Sache möglichst genau zu untersuchen, während 2 Jahren mit einer Anzahl gewöhnlicher Stubenpflanzen experimentirt worden. Die Pflanzen wurden bei einem Handelsgärtner gekauft und von den Gewächshäusern gleich in Wohnzimmer im Gebäude des Gaswerke gebracht. Die Resultate dieser Versuche übertrafen bei weitem die Erwartung. Es zeigte sich nämlich, dass besonders die Pflanzen, die wegen ihrer schönen Blätter gezogen werden (Blattpflanzen) sehr gut standen. Aspedistra elatior, die ja überhaupt eine sehr genügsame Pflanze ist, hielt sich die ganze Zeit hindurch ausgezeichnet. Dracaena rubra und D. indivisa, die nach der Behauptung Vieler Leuchtgas gar nicht vertragen sollten, waren im Frühling fast eben so hübsch, wie im Herbst, als sie aus dem Gewächshaus kamen. Mehrere Palmen wie Phönix, Latania und Areea gediehen recht gut, ebenso Curculigo recurvata. Philodendron und Ficus elastica gediehen nicht ganz so gut, doch war die ganze Zeit hindurch nichts an ihnen auszusetzen. Rosen, Fuchsien und Nelken thaten dagegen nicht gedeihen. Im Ganzen zeigte es sich, dass Pflanzen, die

um ihrer Blumen willen gezogen werden, nicht so gut gedeihen. Das Resultat würde jedoch auch bei diesen besser ausgefallen sein, wenn man über passende Zimmer mit hinlänglichem Sonnenschein hätte disponiren können, was leider nicht der Fall war. Pflanzen, die ohne Sonnenschein bis zum Blühen getrieben werden können, gediehen nämlich besonders gut.

Beide Jahre wurden Hyacinthen, Tulpen und andere Zwiebelgewächse mit gutem Erfolg gezogen. Nur ein einziges Mal wurden die Tulpen weniger hübsch. Der Grund dazu kann aber nur in dem Umstand liegen, dass sie aus einem Kasten herausgenommen und in Töpfe gepflanzt waren und also grösstentheils ihrer Wurzeln beraubt waren. Eine solche Behandlung vertragen Zwiebelgewächse, die in Wohnzimmern gezogen werden, überhaupt nicht.

Wir haben hier einige Beispiele von Pflanzen genannt, die sich sehr wohl in Zimmern ziehen lassen, welche mit Gas beleuchtet werden. Es wird vermuthlich einleuchtend sein, dass man in einer einzelnen Wohnung kaum mit einer grösseren Anzahl von Arten experimentiren kann. Darauf wurde auch nicht gezielt. Man ging nämlich davon aus, dass es von ungleich grösserer Bedeutung sei, dass die Versuche mit einer kleinen Anzahl Arten so gründlich wie möglich durchgeführt wurden, statt eine grössere Menge zusammenzuhäufen, denen man schwerlich einigermaassen günstige Bedingungen bieten konnte. Aus den vorliegenden Resultaten der Versuche mit obengenannten Pflanzen wird es ausserdem für jeden, der Pflanzen zieht, leicht sein zu schliessen, von welchen anderen Arten er erwarten kann, dass sie gedeihen werden. So kann es z. B. keinem Zweifel unterliegen, dass die meisten Palmenarten, die überhaupt in Wohnzimmern gedeihen können, von dem Leuchtgase keinen merkbaren Schaden leiden, wenn sie nur in vernünftiger Weise behandelt und ihre Bewässerung und Reinhaltung nicht vernachlässigt werden. Gleichfalls können unzweifelhaft die allermeisten Zwiebelgewächse z. B. Amaryllis, die hübsche aber bei uns noch seltene Clivia nobilis, die eine ausgezeichnete Stubenpflanze ist, und viele andere mit Glück gezogen werden.

Im Ganzen muss es als ausgemacht angesehen werden, dass, wenn das Resultat im Gaswerke selbst so gut ausfiel, es sehr wohl möglich ist, eine nicht unbedeutende Anzahl Pflanzenarten in Zimmern, wo man Gas brennt, zu ziehen. Leute, die den Blumenflor sahen, den einige Fenster im Gaswerke zu der Zeit, während der die Experimente angestellt wurden, immer darboten, wollten kaum glauben, dass die Pflanzen hier längere Zeit hindurch gezogen und sogar zur Blüthe getrieben waren.«

Weitere Untersuchungen über den Austritt des Fettes aus der Emulsionsform in der sterilisirten Milch.

Von

Prof. Dr. Renk.

(Aus dem hygienischen Institute der Universität Halle.)

Im 17. Bande dieser Zeitschrift, dem Herrn Geheimrath v. Pettenkofer zu seinem 50jährigen Doctorjubiläum gewidmeten Jubelbande, habe ich Beobachtungen »über Fettausscheidung aus sterilisirter Milch« mitgetheilt[1]), deren Ergebnis kurz dahin zusammengefasst werden konnte, dass in sterilisirter Milch bei längerer Aufbewahrung allmählich ein Theil des Fettes aus der Emulsionsform ausgeschieden wird und dass diese Ausscheidung während der ersten Woche nur wenige Procente der Fettmenge betrifft, von da ab aber rasch fortschreitet, so dass nach 3—4 Wochen 30—40% ausgeschieden sein können, die sich durch heftiges Schütteln, selbst unter Erwärmung über den Schmelzpunkt des Butterfettes nicht wieder in die Form feinster Butterkügelchen zurückführen lassen.

Es ist mir damals nicht möglich gewesen, die Ursachen dieser Erscheinung genauer zu präcisiren, ich vermochte vielmehr nur die Annahme zurückzuweisen, dass die Erhitzung beim Sterilisiren die Fettkügelchen zum Zusammenfliessen bringe, denn in den ersten Tagen nach dem Sterilisiren ist ausgeschiedenes Fett nicht nachzuweisen; auch konnte eine andere Vermuthung als irrig bezeichnet werden, dass etwa Bacterieneinwirkung die

1) a. a. O., S. 312.

Ursache sei (bei unvollkommener Abtödtung aller Keime); denn auch in jahrealter, vollkommen keimfrei gebliebener Milch war die Erscheinung jederzeit zu beobachten. Ich hielt es daher für geboten, den Ursachen des in wissenschaftlicher Beziehung, noch mehr aber in praktischer Richtung bedeutsamen Vorganges näher nachzugehen.

Da chemische Veränderungen in der Milch beim Aufbewahren nicht oder nur in ganz untergeordnetem Maasse einzutreten scheinen, soferne nur die Milch durch die Sterilisirung auch wirklich keimfrei geworden ist, so lag es nahe, vor Allem physikalische Momente zur Erklärung des physikalischen Vorganges heranzuziehen und ergaben sich zunächst Untersuchungen über den Einfluss der Bewegung und dann über den der Temperatur als aussichtsvoll.

Es ist bekannt, welchen Einfluss das Schlagen der Milch beim Buttern hat. Konnten nicht auch so geringe Bewegungen, wie die Erschütterungen, die in jedem bewohnten Hause durch die Thätigkeit der Bewohner oder von der Strasse her unterhalten werden, bei genügend langer Dauer etwas Aehnliches bewirken?

Um dieser Frage näher zu treten, sterilisirte ich in einer ersten Versuchsreihe Milch in einer Anzahl von Soxhletfläschchen à 250 cbm Inhalt eine Stunde lang und hing 6 von den Fläschchen, um möglichst alle Erschütterungen fern zu halten, an ca. 1,5 m langen Gummischläuchen auf, während 4 andere durch Einhängen in ein Wasserrad, das sich langsam umdrehte (1 Umdrehung in 2—6 Minuten) in ständiger Bewegung erhalten wurden.

Nach 4 Fettbestimmungen mittels der Soxhlet'schen aräometrischen Methode hatte die Milch vor dem Sterilisiren einen Fettgehalt von 3,46, 3,43, 3,43, 3,46; im Mittel also von 3,445 %.

Nach 14 Tagen wurde der Versuch unterbrochen, die Milch in jedem Fläschchen auf 60° erwärmt, tüchtig durcheinander geschüttelt und in einen Scheidetrichter eingegossen. Nach 10 Minuten liess ich, abweichend gegen früher, nicht sofort die 200 ccm, welche zur Fettbestimmung nöthig waren, ablaufen, sondern etwas mehr, kühlte diese 220—230 ccm auf 17,5° C. ab

und entnahm erst aus der abgekühlten Menge die erforderlichen 200 ccm, um so den Einfluss zu hoher Temperatur auf das Volumen auszuschliessen. Die so erhaltenen Resultate waren folgende.

Der Gehalt an emulgirten Fette betrug:

	A. bei der bewegten Milch	B. Bei der unbeweglich aufgehangenen Milch
	2,88 %	2,26 %
	2,70 »	2,12 »
	2,77 »	2,47 »
	2,76 »	2,49 »
	—	2,61 »
	—	2,58 »
im Mittel	2,778 %	2,422 %

Aus der Emulsion waren somit ausgetreten pro Liter:

bei A. 34,45 — 27,78 g = 6,67 g
» B. 34,45 — 24,22 » = 10,23 »

oder in Procenten des ganzen Milchfettes berechnet

bei A. 19,36 %
bei B. 29,69 »

Dieser erste Versuch hat somit gerade das Gegentheil von dem bewiesen, was erwartet worden war: unter dem Einflusse der Bewegung war die Fettausscheidung wesentlich geringer als bei möglichster Aufhebung jeder Erschütterung; alle übrigen Verhältnisse waren vollkommen gleich gewesen.

In einem zweiten Versuche, in welchem Milch von 2,975 % Fett (Mittel aus 4 gut übereinstimmenden Analysen) zur Verwendung kam, wurde wieder die Milch in Portionen à 250 ccm sterilisirt; nach dem Erkalten stellte ich 5 Fläschchen auf ein an möglichst langen Gummischläuchen hängendes Brett, 6 andere wurden auf ein Brett gestellt, das durch einen Klopfapparat in der Minute 16—20 mal erschüttert wurde und 6 weitere Flaschen band ich an das Wasserrad, dessen Geschwindigkeit diesmal so regulirt war, dass in der Minute eine Umdrehung gemacht wurde.

Nach 14 Tagen erfolgte die Untersuchung der ausgeschiedenen Fettmengen in der angegebenen Weise. Hierbei ergaben die Fettbestimmungen

A. bei der unbeweglich aufgehangenen Milch: 1,53, 1,84, 2,20, 1,97 und 2,18%; im Mittel 1,944% Fett;

B. bei der geklopften Milch: 2,79, 2,75, 2,79, 2,80, 2,78, 2,78; im Mittel also 2,782% und

C. bei der 2mal in der Minute umgeschüttelten Milch: 2,75 2,73: 2,79 und 2,76, im Mittel 2,758%.

Daraus berechnet sich eine Fettausscheidung von

A.	29,75 g	bis	19,44 g	= 10,31 g	pro	1 l
B.	29,75 »	»	27,82 »	= 1,93 »	»	» »
C.	29,75 »	»	27,58 »	= 2,17 »	»	» »

oder auf den Gesammtfettgehalt berechnet:

A.	bei Ausschluss der Bewegung	= 34,65%
B.	bei fortgesetzter Erschütterung	= 6,49 »
C.	» » Umdrehung	= 7,29 »

Somit hat auch die zweite Versuchsreihe das gleiche Resultat gehabt wie die erste und gelehrt, dass Ruhe die Ausscheidung des Fettes begünstigt, Bewegung dieselbe verhindert. Es hat sich hierbei als ziemlich gleichgültig erwiesen, ob die Bewegung im Klopfen der aufrecht stehenden Fläschchen oder in langsamem Umschütteln derselben bestand.

Da dieses Resultat den gemachten Voraussetzungen direct zuwiderlief, erachtete ich es für geboten, die Versuche noch weiter auszudehnen, um auch den Einfluss heftigerer Bewegungen, als der bisher angewendeten, kennen zu lernen.

Zu diesem Zwecke wurden zunächst 6 Flaschen sterilisirter Milch, welche ich dem freundlichen Entgegenkommen des Herrn Bolle in Berlin verdankte, an die Speichen des erwähnten Wasserrades gebunden und dieses so schnell in Bewegung erhalten, dass es 18—19 mal in der Minute sich umdrehte.

Schon nach 2 Tagen waren in den Flaschen Butterkügelchen zu sehen. 2 Flaschen, welche nach dieser Zeit abgebunden und in gewohnter Weise untersucht wurden, zeigten einen Gehalt an

emulgirtem Fett von 1,08 und 1,14 %, im Mittel von 1,11 %, während die sterilirirte Milch, wie sie aus Berlin 14 Tage vorher eingetroffen war, einen solchen von 3,11 % (Mittel aus 4 gut übereinstimmenden Analysen) gezeigt hatte.

Es waren somit ausgeschieden worden

31,1 — 11,1 = 20,0 g Fett pro Liter

oder 64,31 % des Gesammtfettgehaltes.

An Stelle der untersuchten beiden Milchflaschen wurden 2 andere an das Rad gebunden und diese mit den übrigen genau 24 Stnnden mit gleicher Geschwindigkeit, wie vorher, bewegt; nach dieser Zeit fand sich noch emulgirtes Fett in Mengen von 2,77 und 2,74 % vor, im Mittel 2,755 %, was einer Fettausscheidung von 31,1 — 27,55 = 3,55 g pro Liter oder 11,41 % des Gesammtfettes entspricht.

Die übrigen von Beginn des Versuches an in Bewegung erhaltenen Flaschen würden noch mehrere Tage in gleicher Weise bewegt (19 Umdrehungen des Rades in 1 Minute) und zu verschiedenen Zeiten abgenommen und untersucht. Nach 6tägiger Bewegung fanden sich in einem Falle nur mehr 0,87 % Fett in Emulsionsform, nach 9tägiger 0,75 %, nach 12 Tagen 0,57 % und nach 16 Tagen 0,46 %.

Ich stelle alle diese Resultate im nachfolgender Tabelle, zugleich mit den ausgeschiedenen Fettmengen pro Liter und in Procenten des Gesammtfettgehaltes zusammen.

Dauer der Bewegung	Fett		
	in Emulsion	ausgeschieden	
	in 1 l	in 1 l	
Nach 1 Tag . . .	27,55 g	3,55 g	11,4 %
» 2 Tagen . .	11,10 »	20,0 »	64,3 »
» 6 » . .	8,70 »	22,4 »	72,0 »
» 9 » . .	7,50 »	23,6 »	75,9 »
» 12 » . .	5,70 »	25,4 »	81,7 »
» 16 » . . .	4,60 »	26,5 »	85,2 »

Als Hauptergebnis dieser Versuchsreihe ist somit anzusehen, dass es eine Grenze für die Intensität der Bewegung gibt, über

welche nicht hinausgegangen werden darf, wenn nicht gerade das Gegentheil bewirkt werden soll, von dem was in den vorhergehenden Versuchsreihen durch Bewegung erzielt worden war. Hatte damals langsames Umschütteln der Milch oder klopfende Erschütterung das Milchfett vor Austritt aus der Emulsionsform bewahrt, so wurde diesmal durch 18—19 mal häufigeres Umschütteln das gerade Gegentheil erreicht, die Milch wurde ausgebuttert und zwar fanden sich auch bei späteren Wiederholungen des Versuches zum Zwecke der Gewinnung grösserer Buttermengen fast in jeder Flasche 2 ziemlich gleich grosse Butterkugeln, selten 3, niemals eine.

Quantitativ erwies sich daher die intensivere Bewegung der Flaschen in Bezug auf Ausscheidung des Fettes viel wirksamer als möglichste Ruhe; in vorstehender Versuchsreihe war schon nach 2 Tagen mehr Fett ausgeschieden als bei Ruhe nach mehreren Wochen; sieht man jedoch von der quantitativen Seite ab, so haben grösste Ruhe und heftigste Bewegung wenigstens ähnlichen Effect, indem sie die Ausscheidung begünstigen, während die quantitativ zwischen diesen beiden Einwirkungen stehenden geringen Bewegungen, langsames Umschütteln und klopfende Erschütterung geradezu schützend wirken.

Dieses, auf den ersten Blick überraschende Verhältniss erklärt sich leicht, wenn man noch einen anderen Factor, der in der Milch thätig ist, in Betracht zieht, den Auftrieb des Fettes, bedingt durch dessen geringeres specifisches Gewicht.

Bei Ausschluss jeder von aussen wirkenden Bewegung bewirkt der Auftrieb des Fettes zunächst die Bildung der Rahmschichte, dann aber und zwar sehr langsam, so langsam, dass es eben bei nicht sterilisirter Milch nicht beobachtet werden kann, ein Aneinanderlagern und schliesslich Zusammenfliessen der flüssigen Fettkügelchen, die dabei aus dem flüssigen Aggregatzustande in den festen übergehen, soferne nicht die umgebende Temperatur höher ist als der Schmelzpunkt des Butterfettes, was wohl nur selten vorkommen dürfte. So erklärt es sich, warum die in Flaschen mit sterilisirter Milch schon bald nach dem Sterilisiren sich bildende Rahmschichte allmählich immer fester wird, so dass sie

schliesslich den Hals der Flaschen wie ein Propf verschliesst. Schüttelt man nach dem Sterilisiren die Flaschen häufig und ohne Anwendung grosser Kraft um, so verhütet man sowohl die Bildung von Sahne, wie auch die Ausscheidung von Fett, der Effect des Auftriebes wird dadurch aufgehoben.

Dass sehr geringe Kraft nur nöthig ist, dies zu erreichen, zeigen die erwähnten Klopfversuche, bei denen die Wirkung des Auftriebes nicht völlig aufgehoben wurde, denn es bildete sich eine deutlich abgegrenzte Rahmschichte auf den geklopften Flaschen; allein die angewandten Erschütterungen reichten aus, das Zusammenfliessen der Fetttröpfchen in ihr nahezu völlig zu verhindern, die Rahmschichte blieb flüssig, wie frischer Rahm.

Wendet man andererseits heftigere Bewegungen an, so kommt es natürlich nicht zur Bildung einer Sahneschichte, allein die Milch wird dann mit solcher Gewalt an die Gefässwände geschleudert, dass dort Fettröpfchen zusammenfliessen und Butterkügelchen daraus werden. Es hat sich jederzeit ganz deutlich gezeigt, dass an den Gefässwänden der in Umdrehung begriffenen Flaschen erst kleine Partikelchen sich ansetzten, die später verschwunden waren, wenn in der Milch linsengrosse Butterklümpchen bemerkt wurden. Es scheint mir nicht unwahrscheinlich, dass die fast in jeder Flasche mit sterilisirter Milch zu beobachtenden, der Wand fest anhaftenden Flämmchen, — Ausscheidungen von Eiweiss, wie sie auch auf der Oberfläche gekochter Milch als Häutchen auftreten — die Butterbildung wesentlich begünstigen.

Die beschriebenen Versuche verdienen insoferne noch weiteres Interesse, als in ihnen Butter aus ganzer Milch ohne Abrahmung und ohne Säuerung nur durch mechanische Einwirkung gewonnen wurde. (Die Reaction der Milch wurde jedesmal beim Oeffnen der Flaschen geprüft und amphoter befunden.)

Nebenbei sei bemerkt, dass die Ausbeute an Butter eine, wenn auch schwankende, so doch ziemlich ergiebige war. Während man nach den Erfahrungen im Molkereiwesen zur Gewinnung von 1 kg Butter 24—30 l Milch benöthigt, berechnete sich in 5 ad

hoc ausgeführten Versuchen mit steriler Milch eine Ausbeute von 1 kg Butter auf 28,4 bis 33,6 l, im Durchschnitte auf 32,7 l Milch.

Die so gewonnene Butter erwies sich bei Kostproben, welche von verschiedenen Personen vorgenommen wurden, als ein Fett von wenig ausgesprochenem Geschmack; es fehlt ihr das Aroma der auf gewöhnlichem Wege aus frischer Sahne hergestellten Butter.

Erwähnung verdient endlich noch, dass das aus der Butter gewonnene Butterfett deutlich nachweisbare Mengen freier Fettsäure enthielt. In vier Versuchen mit der gleichen Milch (von Bolle) wurden gefunden: 0,60, 0,74, 0,79 und 0,84; im Mittel 0,745 Ranciditätsgrade.

Ich gehe nun zu den Versuchen über den Einfluss der Temperatur auf die Fettausscheidung beim Aufbewahren sterilisirter Milch über.

Vorweg sei kurz wiederholt, was schon in der ersten Abhandlung Erwähnung gefunden hat, dass die Erhitzung beim Sterilisiren einen merklichen Einfluss nach dieser Richtung nicht äussert, denn mittels der von mir angewandten Methode habe ich nach dem Sterilisiren jederzeit die gleiche Menge emulgirten Fettes nachweisen können, wie vorher.

In den sofort zu beschreibenden Versuchen habe ich zuerst den Einfluss niederer Temperatur zu prüfen gesucht.

Die oben als zweite aufgeführte Versuchsreihe, welche den Einfluss geringer Erschütterungen und langsamen Umschüttelns im Vergleiche mit möglichster Ruhe zum Gegenstande gehabt hatte, war auch zur Prüfung des Einflusses niederer Temperatur dahin erweitert worden, dass 6 Fläschchen der gleichen sterilisirten Milch in einem wohlverschlossenen Blechtopfe 14 Tage lang im Kühlraume des Hallenser Schlachthauses aufgestellt und so einer Temperatur zwischen +2 und + 5° C. ausgesetzt wurden. Nach Ablauf der 14 Tage wurde die Milch in üblicher Weise untersucht und fanden sich in den sechs Proben noch folgende Mengen emulgirten Fettes pro Liter: 27,8 27,9, 27,9, 28,0, 28,0 und 28,1; im Mittel also 27,95 g. Mithin waren aus-

geschieden: 29,75—2795 = 1,8 g oder 6,05% des ursprünglichen Fettgehaltes.

Von den übrigen, während der gleichen Zeit bei Zimmertemperatur gehaltenen Proben hatten die in möglichster Ruhe gehaltenen eine Fettausscheidung von 34,65, die geklopften eine solche von 6,49, und die langsam geschüttelten von 7,29% ergeben, so dass man also nach obigem Resultate sagen kann, dass niedere Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes den gleichen Effect haben wie geringe Bewegung; sie erweisen sich ebenfalls als Schutz gegen die Fettausscheidung.

In einer zweiten Versuchsreihe kam Milch mit einem Fettgehalte von 2,475% (Mittel aus 4 gut stimmenden Analysen) zur Verwendung. 10 Fläschchen der gut sterilisirten Milch wurden nach dem Erkalten in ein Wasserbad eingestellt, dessen Temperatur durch constanten Wasserzufluss auf 10—12° C. erhalten wurde, 10 Fläschchen der gleichen und unter den gleichen Verhältnissen sterilisirten Milch setzte ich in ein Wasserbad mit constanter Temperatur von 41—42° C.

Nach 7 Tagen war schon für das Auge ein erheblicher Unterschied zwischen den kalt und warm gehaltenen Fläschchen erkenntlich, die Milch in den letzteren war dunkler geworden, in ersteren dagegen vollkommen weiss geblieben.

Auch beim Erwärmen der Milch auf 60° C. zeigte sich ein deutlicher Unterschied, die kalt gehaltene Milch blieb frei von Fettaugen, während auf der Milch aus dem warmen Wasserbade grosse Fettaugen schwammen.

Die Bestimmung des emulgirten Fettes ergab

	bei Milch aus dem kalten Bade	bei Milch aus dem warmen Bade
	2,34 %	1,77 %
	2,34 »	1,77 »
	2,40 »	1,91 »
im Mittel	2,360 %	1,817 %

woraus sich eine Fettausscheidung von 4,64%, bzw. 26,59% berechnet.

Nach weiteren 8 Tagen wurden wieder 3 Flaschen aus dem kalten Bade und 6 aus dem warmen Bade untersucht. Es fanden sich noch an emulgirtem Fett

	bei Milch aus dem kalten Bade		bei Milch aus dem warmen Bade
	2,30 %		1,45 %
	2,32 »		1,49 »
	2,40 »		1,50 »
im Mittel	2,34 %		1,60 »
			1,63 »
			1,65 »
		im Mittel	1,553 %

und berechnet sich daraus eine Fettausscheidung von 5,45 % bei 10—12° nnd von 37,25 % bei 41°.

Das Ergebnis der zweiten Reihe bestätigte somit das der ersten insoferne, als wieder unter dem Einfluss der geringeren Temperatur beträchtlich weniger Fett aus der Emulsion ausgetreten ist, als bei höherer Wärme. Auch stimmt damit überein, dass in der zweiten Reihe entsprechend einer höheren Temperatur von 41° eine höhere Fettausscheidung gefunden wurde, 37,25 %, als in der ersten Versuchsreihe, wo bei einer Zimmertemperatur von 34,65 % vom Gesammtfett ausgetreten waren.

Vergleicht man aber beide Versuchsreihen bezüglich des Einflusses der niederen Temperaturen — im einen Falle 2—5° und im anderen Falle 10—12° miteinander, so stehen die beiden entsprechenden Mengen ausgeschiedenen Fettes im umgekehrten Verhältnisse und widersprechen, wie es auf den ersten Blick erscheint, der eben aufgestellten Regel. Es ist dies jedoch nur scheinbar, wenigstens lässt sich eine Erklärung dafür in dem verschiedenen Fettgehalte der in beiden Fällen angewendeten Milch finden. In der ersten Versuchsreihe war solche mit 29,75 g Fett im Liter zur Verwendung gekommen in der zweiten dagegen Milch mit nur 24,75 g, es ist wohl kaum zu zweifeln, dass fettreichere Milch, in welcher die Fettkügelchen näher beieinander liegen, procentisch mehr Fett ausscheiden wird, als fettärmere;

bedient man sich doch auch beim Buttern des Kunstgriffes, Milch fettreicher zu machen, indem man sie in Sahne und Magermilch zerlegt und nur die erstere schlägt, um so eine höhere Ausbeute zu erzielen.

Ich stehe nicht an, darin auch, zum Theile wenigstens, den Grund zu suchen, warum der Unterschied in der Fettausscheidung bei hoher Temperatur zwischen den beiden Versuchsreihen nicht grösser ausgefallen ist.

In der ersten Versuchsreihe waren bei Zimmertemperatur 34,65% Fett aus der Emulsion ausgetreten, in der zweiten bei bedeutend höherer Temperatur von 41° in der gleichen Zeit um 37,32%; im ersteren Falle betrug der ursprüngliche Fettgehalt der frischen Milch 29,75, im letzteren nur 24,75 g. Es kommt hier aber noch etwas anderes hinzu; in der ersten Versuchsreihe waren die bei Zimmertemperatur gehaltenen Fläschchen durch Aufhängen an langen Gummischläuchen möglichst vor Erschütterungen geschützt gewesen, was nach den Eingangs geschilderten Versuchen den Fettaustritt begünstigt; in der zweiten Reihe dagegen standen Flaschen ohne solchen Schutz vor Erschütterung in einem vielbenutzten Laboratorium, so dass man gewiss zur Annahme berechtigt ist, dass, wenn auch in diesem Falle alle Erschütterungen ausgeschlossen worden wären, die Fettausscheidung wohl viel bedeutender ausgefallen wäre.

Ich glaube also, man wird die beiden eben angeführten der Erwartung widersprechenden Thatsachen nicht als Einwände gegen die Regel, dass unter dem Einflusse höherer Temperatur die Ausscheidung des Fettes schneller erfolgt, als bei geringer, ausspielen können. Ich habe diese Regel noch öfters bestätigt gefunden, auch bei der früher erwähnten Milch von Bolle in Berlin. Die Mehrzahl der Flaschen war nach der Ankuft in Halle in den Keller gestellt worden, einige wenige blieben im Laboratorium stehen, wo während der Monate Mai und Juni die Temperatur jedenfalls höher anstieg als im Keller. Nach 7 Wochen betrug die Ausscheidung des Fettes bei der im Keller gestandenen Milch 31,1—20,35 = 10,75 g pro Liter oder 37,57 %, bei der aus dem Laboratorium 59,81 % des ursprünglichen Fettgehaltes.

Es kann daher nicht wohl daran gezweifelt werden, dass geringere Temperaturen dem Austritte des Fettes hinderlich sind, hohe dagegen die Ausscheidung begünstigen.

Die vorliegenden Versuche gestatten meines Erachtens die Temperaturgrenze, welche innegehalten werden sollte, um das Fett möglichst vor Ausscheidung zu bewahren, näher zu fixiren. Sie liegt offenbar unter 10° C., denn bei Einhaltung einer Temperatur von 10—12° war eben noch vom 8. bis zum 15. Tage eine geringe Zunahme der ausgeschiedenen Fettmengen beobachtet worden, die Grenze muss daher unter dieser Temperatur liegen. Lässt sich auch, wie es den Anschein hat, selbst bei Temperaturen nahe dem Gefrierpunkte die ganze Fettmenge nicht in der Emulsion erhalten, so ist die Menge des ausgeschiedenen Fettes doch so gering, wenigstens im Hinblicke auf die Ergebnisse bei höherer Temperatur, dass darauf nicht allzu grosses Gewicht gelegt werden kann.

Es fragt sich nun, wie die beschriebene Einwirkung der Temperatur wohl zu erklären sei; ich glaube, man wird die Frage vorerst nicht wohl anders beantworten können, als dass bei höherer Temperatur die Dichtigkeit, sowohl des Fettes, als auch die der Fetttröpfchen einschliessenden Flüssigkeit geringer ist, als bei niederer Temperatur und dass dadurch das Zusammenfliessen der Tröpfchen wesentlich unterstützt wird. Ich habe ausdrücklich das Wort vorerst gebraucht, denn es erscheint mir nicht unmöglich, dass auch Veränderungen des Eiweisses und des Milchzuckers in der Milch, die sich allmählich geltend machen, das Fett beeinflussen können. Gewisse Erfahrungen bei Ausführung der vorliegenden Untersuchungen deuten darauf hin, dass vor Allem unter dem Einflusse der Temperatur Veränderungen des Eiweisses und Milchzuckers vorkommen; so zeigte sich schon dem blossen Auge die 14 Tage bei 41° erhaltene Milch dunkler (bräunlich) gefärbt, als solche die bei Zimmertemperatur oder im kalten Wasser gleich lange Zeit gestanden war. Noch mehr aber und schärfer trat dieser Unterschied hervor, wenn bei Ausführung der aräometrischen Fettbestimmung nach Soxhlet der Milch Kalilauge zugesetzt wurde. Es trat alsdann bei Milch,

welche höherer Temperatur ausgesetzt worden war, immer ein anderer, dunklerer Farbenton auf — bräunlich mit einem Stiche ins Rothe — als bei der kälter aufbewahrten, auch wenn vor dem Zusatz der Kalilauge ein Farbenunterschied nicht zu erkennen war. Dass nicht eine Umwandlung des Milchzuckers allein eine Art Caramelisirung, wie man vielfach annahm, diese Farbenveränderungen zu Wege bringt, sondern dass auch das Eiweiss unter der Einwirkung höherer Temperatur seine Farbe ändert, geht daraus hervor, dass, wenn man durch stundenlanges Erhitzen braun gefärbte Milch coagulirt und das Coagulum mit Wasser gut auswäscht, es braun gefärbt bleibt, während das Filtrat nur wenig gelblich gefärbt erscheint.

Leider weiss man zur Zeit über diese Veränderungen der Eiweisskörper in der Milch recht wenig, und vor allem auch nichts darüber, ob dieselben die Fettausscheidung zu beeinflussen vermögen; man wird sich daher damit begnügen müssen, die oben angegebene Erklärung als ausreichend anzusehen.

Der Vollständigkeit halber will ich noch eines Versuches Erwähnung thun, welcher darüber orientiren sollte, ob nicht die Höhe der Schichte und die relative Grösse der Oberfläche modificirend auf den Vorgang der Fettausscheidung einzuwirken im Stande seien, da diese Momente beim Aufrahmen der Milch von Bedeutung sind.

Ich habe zu dem Behufe 10 Fläschchen sterilisirte Milch, auf einem durch lange Gummischläuche gehaltenen Brette geschützt gegen Erschütterungen, 14 Tage lang aufbewahrt; die Hälfte, also 5 Fläschchen, blieben aufrecht stehen, die anderen lagen, so dass in den ersteren die Höhe der Milchschichte 13,8 cm, die Oberfläche 15,2 cm betrug, während in den letzteren die Milch eine Höhe von 4 cm und eine Oberfläche von 46 cm hatte. Nach 14 Tagen wurden sämmtliche Fläschchen in gewohnter Weise untersucht. Der Fettgehalt war jedoch zwischen den beiden Gruppen so wenig verschieden, dass sich daraus keine Veranlassung ergab, nach dieser Richtung hin noch weiter vorzugehen. Die Milch in den aufrecht stehenden Flaschen zeigte

einen Fettgehalt von durchschnittlich 3,044 %, die in den umgelegten Flaschen 3,058 %, so dass man von einem einigermaassen beachtenswerthen Unterschiede nicht sprechen kann.

Ich schliesse hiermit die Versuche über Fettausscheidung in der sterilisirten Milch vorläufig ab; ich bin mir wohl bewusst, dass noch nicht alle Factoren, welche Einfluss haben können, genauer untersucht sind; so hätte ich gerne den Einfluss verschiedener Zusammensetzung der Milch (verschiedener Fettgehalte, verschiedener Viscosität u. s. f.) in den Kreis der Untersuchungen einbezogen; allein äussere Verhältnisse, die Uebernahme neuer Aemter und Pflichten in Dresden zwangen mich, diese Untersuchungen vorläufig zurückzustellen. Immerhin dürfte die Ausbeute der Untersuchungen über den Einfluss von mechanischer Bewegung und Temperatur lohnend genug erscheinen, um jetzt schon mitgetheilt zu werden.

Die Zusammensetzung der Cholerabacillen.

Von

Dr. E. Cramer,
Privatdocent.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität zu Heidelberg.)

Ueber die Zusammensetzung der Spaltpilze, über ihren Wasser-, Eiweiss-, Aschegehalt etc. war bis in die neueste Zeit nur wenig bekannt. Das Wenige, was bekannt war, liess sich mit einander schlecht in Einklang bringen. Es schien, als ob zwischen den Analysen von Bacterien der einzelnen Autoren viel grössere Differenzen vorhanden seien, als man bei Bacterien nach Analogie der höher im System stehenden Pflanzenklassen annehmen und erwarten durfte.

Es gelang nun den Nachweis[1]) zu liefern, dass die Bacterien ein ausgesprochenes Vermögen besitzen, sich in ihrer Zusammensetzung dem jeweiligen Nährmaterial, auf dem sie gewachsen sind, anzupassen. Man kann bei den Spaltpilzen nicht wohl von einer typischen Zusammensetzung enden. Die Zusammensetzung derselben ist nur dann eine typische, eine gleichmässige, wenn die Nährmaterialien wenigstens annähernd dieselben, und ausserdem gleichmässige Wachsthumsbedingungen: Temperatur, Wachsthumsdauer, Aussaat etc. vorhanden sind. Die Abhängigkeit vom Nährmaterial ist innerhalb gewisser Grenzen eine derartige, dass der Experimentator es in der Hand hat, die Zusammensetzung der Spaltpilze nach seinem Willen zu gestalten. Bietet er den

1) Cramer, Archiv f. Hygiene, Bd. XVI.

Bacterien im Nährmaterial mehr lösliches Eiweiss, Pepton oder Albumosen, so wird auch der Bacterienzellenleib eiweissreicher. Bietet er in dem Nährboden mehr Mineralsubstanzen, so enthalten die Bacterien mehr Asche etc.

Diese eigenthümlichen Eigenschaften waren zunächst nachgewiesen für 4 Bacterienarten: einen reinen Sagrophyten den Bac. Nr. 28 aus Marburg, einen thierpathogenen, den Bac. capsulatus v. Pfeiffer, zwei menschenpathogene, den Bac. pneumoniae v. Friedländer, und den Bac. rhinoskleromae v. Paltauf.

Es war nun jedenfalls von Interesse und von Wichtigkeit, dieses eigenthümliche Anpassungsvermögen der Bacterien an das Nährmaterial auch zu constatiren für menschenpathogene Spaltpilze, welche ausser ihrer parasitischen Thätigkeit im menschlichen Körper noch im Stande sind, ausserhalb desselben im Wasser, im Boden unter günstigen Bedingungen sagrophytisch ihr Dasein zu fristen. Es handelt sich um die Erreger des Typhus und der asiatischen Cholera.

Im menschlichen Körper, während ihres parasitischen Zustandes, steht ihnen reichlich Nährmaterial, vor allem reichlich Eiweiss zu Gebot; im Wasser, im Boden, seien sie auch noch so mit organischen Substanzen, mit Mineralstoffen des menschlichen und thierischen Haushaltes verunreinigt, wird das Nährmaterial ein sehr spärliches zur Erhaltung des Lebensprocesses eben ausreichendes sein. Es müssen die genannten Bacterien ein ausgesprochenes Vermögen besitzen, sich in ihrer Zusammensetzung dem jeweiligen Nährmaterial zu adaptiren.

Die nachstehenden Untersuchungen beziehen sich nur auf die Zusammensetzung der Erreger der asiatischen Cholera. Es liegt dies in dem rein äusseren Umstande, dass von den Kommabacillen leichter Material zu erhalten war, als von dem weniger üppig wachsenden Typhusbacillus.

Ich wählte unter den mir zu Gebote stehenden Cholerabacillen verschiedener Provenienz 5 verschiedene aus:

1. Kommabacillus von asiatischer Cholera, wahrscheinlich seit 1884 im Institute fortgezüchtet.

2. Kommabacillus von Shanghai, bereits seit mehreren Jahren im Institute des Herrn Prof. Gaffky gezüchtet.

3. Kommabacillen aus der Pariser Epidemie, Juli 1892.

4. Kommabacillen aus der Hamburger Herbstepidemie 1892.

5. Kommabacillen aus der Hamburger Winterepidemie 1893.

Die verschiedenen Kulturen verdanke ich der Güte des Herrn Prof. Fränkel. Es sei mir gestattet, ihm an dieser Stelle meinen Dank dafür abzustatten.

Die Auswahl von Kommabacillen von verschiedener Provenienz erfolgte in der Absicht, eventuell Unterschiede in der Zusammensetzung der verschiedenen Cholerastämme nachzuweisen, je nachdem dieselben auf mehr oder minder günstigem Nährboden gewachsen waren. Es schien mir bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich, dass die Kommabacillen, welche schon länger auf künstlichem Nährboden gewachsen waren, in der Auswahl der Stoffe zur Zusammensetzung ihres Zellenleibes weniger wählerisch sein würden als solche, welche erst vor kurzem durch Züchtung aus dem menschlichen Körper erhalten waren, und dass diese geringere Anspruchslosigkeit an das Nährmaterial in der Zusammensetzung des Bacterienzellleibes mehr oder minder deutlich gegenüber den andern Arten zum Vorschein kommen würde. Ich hoffte so einige Beiträge zur Biologie der Cholerabacillen liefern zu können.

Ehe ich die Resultate meiner Untersuchungen mittheile, möchte ich einiges Methodische kurz erwähnen.

Was zunächst die Methoden zur Gewinnung von tadellos reinem Bacterienmaterial ohne Verunreinigung durch Nährmaterial oder Stoffwechselproducte betrifft, so wäre darüber zunächst zu bemerken, dass eine vollständig einwandfreie Methode zur Zeit nicht existirt.

Zur besseren Uebersicht stelle ich die für unsere Zwecke in Frage kommenden Methoden kurz zusammen:

1. Abstreifen der Reinculturen von Nähragar oder Kartoffel oder andern Nährböden mittelst Scalpell oder Platinspatel.

2. Abgiessen oder Abheben der Nährbouillon von dem Cholerahäutchen, eventuell Abpressen oder Absaugen von Bouillonresten.

3. Centrifugiren von Bouillonculturen, Waschen des Sedimentes mit physiologischer Kochsalzlösung.

4. Die Bacterien, werden als eiweissreiche Körper durch eine Reihe von Eiweissfällungsmethoden aus Nährlösungen niedergeschlagen und zwar nach Rubner durch essigsaures Eisen, durch verd. HCl nach Nencki oder noch besser durch Erhitzen der Bouillonculturen im strömenden Wasserdampf, Ansäuern mit verdünnter Essigsäure und nochmaliges Erhitzen auf freiem Feuer bis zum Aufwallen. Die Form der Kommabacillen bleibt dabei gut erhalten, auch sind dieselben Anilinfarbstoffen leicht zugänglich.

Am einwandfreiesten ist wohl das Verfahren 1 und 2. Verfahren 1 leidet bei der grossen Fläche (mindestens 1/2 qm), die man für jede Ernte anwenden muss, an dem Nachtheil, dass Luftinfectionen schwer zu vermeiden sind und häufig den ganzen Ernteertrag illusorisch machen. Benutzt wurden von mir Verfahren 2, 3 und 4. Die Vortheile und Nachtheile derselben werden wir im weiteren Verlaufe der Arbeit noch kennen lernen

Ausser den Methoden zur Gewinnung von reinem Bacterienmaterial verdiente der Nährboden auf dem die Kommabacillen wachsen sollten, die eingehendste Berücksichtigung und Erwägung.

Nährböden von bekannter und relativ einfacher Zusammensetzung schienen naheliegend. Doch war aus verschiedenen Gründen die Anwendung der üblichen Nährböden z. B. der Koch'schen Fleischinfuspeptonbouillon von etwas complicirterer, nicht ganz constanter und auch nicht in allen Theilen bekannter Zusammensetzung geboten.

Einmal ist alles, was bisher über die Biologie der Kommabacillen bekannt war, erhalten dadurch, dass man dieselben auf den Koch'schen Nährböden züchtete. Man kann sogar sagen, unser ganzes heutiges Gebäude der Bacteriologie ist gegründet auf diese Nährböden. Es war daher zweckmässig auf diesem bereits bekannten Gebiete weiter zu bauen.

Dann musste ich darauf sehen, dass meine Analysen in Vergleich zu bringen waren mit den bereits bekannten Analysen. Diese Analysen sind aber, soweit sie einwandfrei sind, erhalten

durch Wachsthum von Bacterien auf Koch'schen Nährböden (speciell Nähragar). Es war also auch aus diesem Grunde die Verwendung von Nährbouillon, da das Agar ja nur als Gerüstmasse nicht als Nährmaterial dient, naheliegend.

Endlich kam noch in Frage der Preis des Nährbodens. Eine Reihe neuerer Nährmaterialien so z. B. auch die Kühne'sche Nährlösung[1]), die wie ich mich überzeugen konnte ein ausgezeichnet üppiges Wachsthum der Cholerabacillen hervorruft; erschweren ihre allgemeine Verwerthbarkeit dadurch, dass, wenn man viel Material verwenden will, der hohe Preis störend wirkt.

Ausser der Koch'schen Fleischinfuspeptonbouillon, welcher ich nach dem Vorgange von Dahmen[2]) in der einen Versuchsreihe und späterhin überhaupt einen Zusatz von 0,36% trocknen kohlensauren Natrons machte, verwendete ich noch den Nährboden von Uschinsky[3]) in etwas modificirter Form, in der Absicht, den Kommabacillen hier weniger günstige Bedingungen zu schaffen.

Die Uschinskylösung hatte folgende Zusammensetzung:

Wasser	1000,0
Michsaures Ammon . .	10,0
Asparagin	3,4
Glycerin	40,0
Kochsalz	5,0
Magnesiumsulfat . . .	0,2
Chlorcalcium	0,1
Kaliumbiphosphat . .	1,0

Neutralisirt wurde mit Kalilauge. Die Trockensubstanz dieser Nährlösung beträgt rund 5.5%, der Aschegehalt in der Trockensubstanz 11%.

Diese genau sterilisirten Nährlösungen goss ich in der Regel in sterilisirte Schalen, so dass die Flüssigkeitsschicht eine möglichst dünne war, höchstens 2—3 mm betrug, oder in sterilisirte Bechergläser mit darüber gestülpten Krystallisationsschalen.

1) Zeitschrift f. Biologie, Bd. XXX, S. 221.
2) Centralblatt f. Bacteriologie, Bd. XII, Nr. 18.
3) Centralblatt f. Bacteriologie, Bd. XIV, Nr. 10.

Nach einer Wachsthumsdauer von 3 Tagen wurde abgeerntet. Die Reincultur wurde theils durch das Plettenverfahren, theils durch das mikroskopische Ausstrichpräparat controlirt.

Dabei waren in dem mikroskopischen Ausstrichpräparat je nach den verschiedenen Nährböden eigenthümliche Veränderungen der Kommabacillen zu constatiren, über die ich an dieser Stelle kurz das Nothwendige bemerken möchte. Auf der 1% igen Sodabouillon fanden sich meist nur äusserst wenige, spärliche typische Kommaformen, überwiegend ganz kurze ovale Gebilde, die von Coccen nicht zu unterscheiden waren, sich mit wässriger Fuchsinlösung gut färbten. Bacteriologisch geschulte, aber nicht voreingenommene Beobachter erklärten derartige Präparate häufig für Ausstrichpräparate von Coccen. Auf Uschinskylösung und Sodabouillon, die durch Aufkochen mit essigsaurem Eisen von ihrem Gehalt an Albumose fast vollständig befreit war, zeigten die Kommabacillen eine wesentlich andere Gestalt. Typische, wohl ausgebildete Kommaformen traten hier mehr oder weniger in den Vordergrund; ausserdem aber fanden sich manchmal längere oder kürzere, vielfach verschlungene Fäden, die eine Zusammensetzung aus einzelnen Kommaformen, wie die typischen Spirillen, welche man sonst häufig im hängenden Tropfen oder in Bouillonculturen findet, in keiner Weise mehr erkennen liessen. Ich erwähne diese Befunde, weil neuester Zeit Gamalaja[1]) ähnliche, aber ausgesprochenere Gestaltveränderungen der Kommabacillen bei Züchtung auf lithionhaltigem Nährboden als Heteromorphismus beschrieben hat.

Die Gestaltveränderung war bei den von mir benutzten Nährböden keine dauernde. Durch Ueberimpfung auf normale Gelatine oder normales Nähragar erhielt ich wieder die typische Kommaform. Im Uebrigen waren zwischen den Kommabacillen

---

1) Heteromorphismus der Bacterien unter dem Einflusse von Lithiumsalzen. Wratsch Nr. 19 und 20, 1894. Referat s. Allgemeine Medicinalzeitung Nr. 59. Die Beobachtungen von Wiltschur (Centralblatt f. Bacteriologie, Bd. XVI, Nr. 4 und 5) erschienen erst, nachdem ich die wichtigsten Resultate der vorliegenden Untersuchungen im Naturhistorisch-medicinischen Verein zu Heidelberg bekannt gegeben hatte.

der verschiedenen Provienz ganz geringe, häufig auch nicht ganz constante, jedenfalls nicht sehr hoch anzuschlagende morphologische Differenzen vorhanden. Polfärbung wurde häufig beobachtet.

Das auf diese Weise erhaltene, sicher reine Bacterienmaterial wurde im Vacuum eventuell unter Zusatz von Chloroform bei 20—25°, häufig auch bei Bluttemperatur getrocknet, um dann weiterhin analysirt zu werden.

Als Methode zur Stickstoffbestimmung verwendete ich ausschliesslich die Kjeldahl'sche in der Wilfarth'schen Modification. Ihre Verwendbarkeit für bacterienhaltiges Material hatte ich bereits in einer früheren Arbeit[1]) dargethan.

Den Kohlenstoff bestimmte ich gleichzeitig mit dem Stickstoff nach der Rubnerschen Modification[2]) der Kjeldahlschen Methode, indem ich die bei Zerlegung im Kjeldahlkölbchen sich bildenden Gase, durch Waschen mit Chamäleonlösung von SO_2 befreite, die CO_2 in Pettenkofer'schen Barytröhren absorbirte und mit Oxalsäure titrirte. Dass diese bequeme und relativ einfache Methode mit der Elementaranalyse durch directe Verbrennung im Sauerstoffstrome auch für getrocknete Bacterien übereinstimmende Werthe liefert, lehrt ein Blick auf Tab. I.

Tabelle I.

Kohlenstoffbestimmung nach Kjeldahl-Rubner und durch directe Verbrennung.

	Nach Kjeldahl-Rubner C in %	Durch directe Verbrennung C in %	Deficit %
Rhinoskleromb.	48,52	51,81[3])	— 3,29
Rhinoskleromb.	48,66		— 3,15
Cholera alt	51,04	51,82	— 0,78
Cholera Paris	51,68	51,97	— 0,29

1) Cramer, a. a. O.

2) Rubner, Archiv f. Hygiene, Bd. XIV, S. 364.

3) Cramer, a. a. O.

Analytische Belege.

1. Rhinosklerombacillus:

0,1252 g (0,1132 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0549 g C
0,2006 g (0,1814 g aschefrei) Trockensubstang = 0,0883 g C

2. Cholera aft:

0,1825 g (0,1249 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0637 g C
0,1721 g (0,1178 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0610 g C = 0,0653 g H_2O.

3. Cholera Paris:

0,2058 g (0,1383 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0719 g C
0,1640 g (0,1102 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,056 g C = 0,0837 g H_2O.

Ausser der Bequemlichkeit und leichteren Handhabung gegenüber der Elementaranalyse bot die Rubner'sche Methode für mich namentlich den Vortheil der Materialersparnis. Ich musste diesen Vortheil um so mehr werth schätzen, als mir der Natur der Sache nach häufig nur ganz geringe Mengen von Bacterienmaterial zur Verfügung standen.

Da ich vielfach auch in der Lage war, Stickstoffbestimmungen zu machen in der von dem Bacterienhäutchen oder den gesammten Bacterien befreiten Bouillon, so konnte der salpetrige Säuregehalt derselben störend wirken. Es war dies übrigens nur bei den Reagensglasculturen der Fall. Bei den Culturen in Petrischalen oxydirte offenbar der leicht und reichlich zutretende Luftsauerstoff zu Salpetersäure und die minimalen Spuren derselben hatten keinen oder einen nur unwesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit des Kjeldahl'schen Verfahrens. Bei den Reagensglasculturen, wo in Folge des geminderten Sauerstoffzutritt es die Störungen durch die salpetrige Säure sich stärker geltend machten, verfuhr ich so, dass ich Nitrate, und Nitrite mit Zink und Salzsäure zu Ammoniak reducirte und dann zerlegte. Die entstehenden Zahlen mussten nach den Untersuchungen Petri's[1]), welcher den Nitritgehalt in Cholerapeptonkulturen zu 0,004 % schätzungsweise bestimmte, äusserst gering ausfallen und konnten daher vernachlässigt werden. Da mehr wie 200 ccm Bouillon von mir in keinem Falle reducirt wurden, betrug der Fehler noch kein Milligramm, selbst wenn ich auch noch den Nitratgehalt im Maximum mit 0,005 % in Anrechnung

1) Arbeiten aus dem Kaiserl. Reichsgesundheitsamt, Bd. VI, S. 17.

bringe. Eigene Controlversuche bestätigten noch die Richtigkeit meiner Annahme, so erhielt ich z. B. in einer bacterienhaltigen Bouillonkultur als Mittel von mehreren Stickstoffbestimmungen 190 mg nach Reduction der Nitrate und Nitrite zu Ammoniak 193 mg N, also eine zu vernachlässigende Differenz, andere Controlversuche gaben auch absolute Uebereinstimmung, niemals grössere Differenzen.

Meistens verfuhr ich so, dass ich Nährbouillon von bekanntem N-Gehalte benutzte, nach dem Abgiessen, event. dem Abpipettiren von dem Häutchen, oder nach dem Centrifugiren, endlich dem Ausfällen der Bakterien in den meisten Fällen mit essigsaurem Eisen den N-Gehalt abermals bestimmte. Auf diese Weise erhielt ich Aufschluss, nicht nur über die jedesmalige Stickstoff- resp. Eiweissproduction, sondern nach den Ergebnissen der später anzustellenden Analysen über die gesammte Bacterienproduction der jedesmaligen Ernte.

Das erste Untersuchungsmaterial wurde gewonnen durch Wachsthum auf normaler schwach alkalischer Bouillon, welche im Liter 10 g Grübler'sches Pepton, 5 g Kochsalz enthielt. Nur »Cholera alt« bildete ein kräftiges Häutchen, alle anderen Choleraarten wuchsen, die Bouillon gleichmässig trübend, meist ohne jede Spur von Häutchenbildung. Ich war daher gezwungen, das Material durch Centrifugiren zu gewinnen. Bei 2—2500 Umdrehungen centrifugirte ich ½ l immer in relativ kleinen Portionen. Um eine Verunreinigung des Bacteriensedimentes mit Nährmaterial oder mit Stoffwechselproducten zu vermeiden, wusch ich daselbe mit physiologischer Kochsalzlösung. Da wegen der herrschenden hohen Temperatur sich die Nothwendigkeit herausstellte, die Kulturen, um ein Weiterwachsen zu verhindern, vor dem Centrifugiren mit Chloroform abzutödten, war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass Bacterieneiweiss in Lösung ging. In der That stellte sich später bei der vorgenommenen Analyse und bei eigens zu diesem Zwecke vorgenommenen Experimenten heraus, dass weitaus der grösste Theil des Bacterienzelleibes, hauptsächlich das Eiweiss, je nachdem eine grössere oder geringere Anzahl von Proben, aus welchen sich die Gesammternte zusammensetzte, mit

Chloroform abgetödtet und mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen war, in Lösung gegangen war.

Das ziemlich mühsam gewonnene Material erwies sich als ungeeignet, um über die Zusammensetzung der Komabacillen Aufschluss zu geben. Trotzdem war nach anderer Richtung das Resultat der Untersuchungen nicht ohne Belang.

Wie eben erwähnt, wurde das Bacterienmaterial derart gewonnen, dass die Nährbacillen, in ganz dünner Schichte von 2—3 mm Dicke in Petri'sche Schalen ausgegossen und dann inficirt wurde. Da die feuchte Kammer, in welcher die Schalen aufbewahrt wurden, nicht abgeschlossen war, sondern so construirt war, dass die Luft durch eine 5 - 6 cm dicke Schicht von feuchten Bimssteinstücken ungehindert circuliren konnte, war auf alle Fälle dem Sauerstoffe der Luft im ungehindertsten Maasse Zutritt zu der bacterienhaltigen Bouillon gewährt, jedenfalls konnte er die dünne Bouillonschicht mit Leichtigkeit durchdringen. Trotzdem somit die Wachsthumsbedingungen, für alle Choleraarten scheinbar die gleichen waren, zeigte sich doch ein wesentlicher Unterschied in der Stickstoffproduction je nachdem ein Bacterienhäutchen gebildet wurde oder nicht. Die alte Laboratoriumscholera, die einzige, welche ein Häutchen bildete, zeigt, wie ein Blick auf Tab. II lehrt, durchweg eine höhere Stickstoffproduction und auch allem Anscheine nach eine höhere Ernte an Bacterientrockensubstanz als die übrigen Choleraarten. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Wachsthumsvorgängen war der, dass die Cholerabacillen sich in dem einen Falle — »Cholera alt« — im directen Contacte mit der atmosphärischen Luft befanden, in dem anderen — bei den 2 übrigen Cholerabacillen-Arten — durch eine Flüssigkeitsschicht von oft minimaler Dicke von der Luft getrennt waren. Es muss also der directe Contact mit der atmosphärischen Luft die Cholerabacillen in den Stand setzen, das Nährmaterial rücksichtlich seines Stickstotfgehaltes und wahrscheinlich der assimilirbaren Stoffe überhaupt wesentlich besser auszunutzen, als wenn die Luft gezwungen ist, durch eine, wenngleich äusserst

dünne Flüssigkeitsschicht hindurchzudringen, um zu den Bacterien zu gelangen. Es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, dass wir bei den Cholerabacillen eine Art Luftmycel annehmen dürfen mit einer directen Gasathmung, ähnlich wie bei dem Laube der höheren Pflanzen.

Tabelle II.
Eiweissproduction auf normaler Nährbouillon.

Cholera	Stickstoff auf je 210 Bouillon in Gramm			
	im Häutchen	durch Centrifugiren	durch Eisenfällung	Summe
alt	0,065	0,068	0,085	0,217
	0,071	—	0,032	0,103
	0,089	—	0,044	0,133
Hamburg, Winter	—	—	0,051	0,051
	—	0,056	0,040	0,096[1])
	—	0,036	0,018	0,054
Paris	—	–	0,035	0,035
	—	0,062	0,031	0,093
	—	0,049	0,030	0,079
Shanghai	—	—	0,047	0,047
	—	0,0406	0,0206	0,061
Hamburg, Herbst	—	—	0,024	0,024
	—	0,050	0,041	0,091
	—	0,020	0,037	0,056

Als Analogon möchte ich auf das Wachsthum der Tuberkelbacillen auf Glycerinbouillon hinweisen, welche nur im directen Contacte mit der Luft wachsen, untergesunken, selbst wenn man die Bacterienbouillon mit Luft schüttelt, kein Wachsthum zeigen.

Auch glaubte ich, bei den Cholerabacillen häufig besseres Wachsthum dadurch zu erzielen, dass ich ein Stückchen Bacterienhaut auf der neu zu impfenden Bouillon zum Schwimmen brachte.

Als weitere Stütze für die directe Gasathmung der Cholerabacillen möchte ich auch die Beobachtung anführen, dass die

1) Spur. Häutchenbildung.

nicht häutchenbildenden Choleraarten allem Anschein nach mehr Ammoniak bildeten als die alte Laboratoriumscholera. Es findet also, je nachdem ein directer Contact mit der Luft stattfindet oder nicht, ein ganz verschiedenartiger Gaswechsel statt. Im Uebrigen sind die Versuche hierüber noch nicht abgeschlossen. Es können hier nur genaue Respirationsversuche, die zur Zeit im hiesigen Institute im Gange sind, Aufschluss geben.

Weit besseres Wachsthum als auf normaler, schwach alkalischer Bouillon erhielt ich auf solcher, welcher nach dem Vorgange von Dahmen[1]) 1 % krystallisirte Soda zugesetzt war. Auf diesem stark alkalischen Nährboden fand gutes Wachsthum und üppige Häutchenbildung statt, so dass eine ausreichende Ernte zu erzielen war. Dabei war der Ernteertrag, wie aus der Stickstoffproduction hervorgeht, bei den verschiedenen Kommabacillensorten ein fast genau gleichmässiger. Tab. III enthält die Stickstoffproduction von 3 verschiedenen Kommabacillenarten,

Tabelle III.

Stickstoffproduction auf 1 % Sodabouillon.

Cholera	Stickstoff auf 210 ccm Bouillon		
	im Häutchen	durch Eisenfällung	Summe
alt	0,093	0,049	0,142
Hamburg Winter	0,091	0,048	0,139
Shanghai	0,093	0,052	0,144

gewachsen auf ein und derselben Bouillon. Wie der Augenschein lehrt, zeigen die Zahlen grosse Uebereinstimmung. Die Schwankungen betragen nicht mehr wie 2—3 %. Ich hielt es deshalb nicht für nöthig, weitere ausgedehntere Versuche anzustellen, namentlich da ich weiter unten noch weiteres Beweismaterial beizubringen im Stande sein werde. Im Uebrigen ist es wohl auch ein nicht erst durch besondere Experimente zu beweisendes Axiom, dass ein und derselbe Bacillus, bei gleicher Aussaat und genau gleichmässigen Wachsthumsbedingungen auch

1) Centralblatt f. Bacteriologie, Bd. XII, Nr. 18.

das Nährmaterial in derselben Weise verwerthet, d. h. den gleichen Ernteertrag liefert. Es verhielten sich demnach die Kommabacillen verschiedener Provenienz so, als ob nur eine einzige Art vorhanden wäre.

In Uebereinstimmung mit dem gleichen Ernteertrag ergaben für alle 5 Choleraarten die Analysen eine fast identische Zusammensetzung. Es war nicht nothwendig, in dem einzelnen Falle Controlanalysen anzustellen. Die Analyse der einen Choleraart stützt die der anderen. Wie sich aus Tabelle IV ergibt, enthalten die von mir zur Untersuchung gewählten Kommabacillen rund 65 % Eiweiss und 31 % Asche in der Trockensubstanz.

Tabelle IV.

Cholera verschiedener Provenienz auf 1 % Sodabouillon.

	Stickstoff %	Eiweiss %	Asche %	Summe %	Deficit
Cholera alt	10,42	65,12	31,55	96,67	3,33
Cholera Hamburg, Winter	11,08	69,25	25,87	95,12	4,88
Cholera Paris	9,96	62,25	32,80	95,05	4,95
Cholera Shanghai . . .	10,28	64,25	33,87	98,12	1,88
Cholera Hamburg, Herbst	10,23	63,94	29,81	93,75	6,25
	10,39	64,96	30,78	95,74	4,26

Die Kommabacillen, auf 1 % Sodabouillon gewachsen, bestehen im wesentlichen also aus weiter nichts als aus Asche und reinem Eiweiss. Dass die berechnete »Stickstoffsubstanz« thatsächlich als Eiweiss zu betrachten ist, lehrt ein Blick auf Tab. V. Die mittlere elementare Zusammensetzung der Cholerabacillen stimmt vollständig mit den Analysen, die von den Autoren für reines Eiweiss gegeben werden, überein. Auf geringe Schwankungen im Kohlenstoffgehalte der einzelnen Kommabacillen möchte ich hierbei kein Gewicht legen. Dieselben sind wahrscheinlich bedingt durch die verschiedenartige Natur der Extractivstoffe und sonstigen Substanzen, welche die Bacillen, wenn auch nur spurenweis enthalten.

Tabelle V.

Cholerabacillen auf 1% Sodabouillon, elementare Zusammensetzung.

Cholera	C %	N %	H %
alt	51,04	15,23	6,16
Hamburg, Winter	46,70	14,95	6,75
Paris	51,97	14,82	8,44
Shanghai	46,92	15,54	7,70
Hamburg, Herbst	47,78	14,58	—
	48,88	15,00	7,26

Analytische Belege zu Tab. IV u. V.

1. Cholera alt:

0,1825 g (0,1249 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0637 g C = 0,0190 g N; 0,1721 = 0,0543 g Asche.

2. Cholera Hamburg, Winter:

0,2206 g (0,1635 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0764 g C = 0,0245 g N; 0,1365 g = 0,0356 g Asche, 0,1768 g = 0,0455 g Asche.

3. Cholera Paris:

0,2058 g (0,1383 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0719 g C = 0,0205 g N; 0,1640 g = 0,0538 g Asche.

4. Cholera Shanghai:

0,1634 g (0,1081 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0507 g C = 0,0168 g N; 0,2076 g = 0,0700 g Asche, 0.1954 g = 0,0676 g Asche.

5. Cholera Hamburg, Herbst:

0,1478 g (0,1034 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0494 g C = 0,0151 g N; 0,1020 g = 0,0304 g Asche.

Wenn wir diese soeben erhaltene Zusammensetzung der Choleravibrionen vergleichen mit dem, was von anderen Bacterien bislang bestimmt ist, und was sich während der annähernd gleichen Beschaffenheit des Nährmaterials und wegen der gleichen Wachsthumsbedingungen zum Vergleiche heranziehen lässt, so müssen wir, wie ein Blick auf Tab. Va lehrt, sagen, dass die Kommabacillen sich rücksichtlich ihrer Zusammensetzung mit keiner andern bisher analysirten Bacterienart vergleichen lassen, dass sie eine Ausnahmestellung einnehmen.

Zusammensetzung der verschiedenen Bacterienarten.

Bacterien-species	Stickstoffsubstanz			Aether-Alkohol-extract			Asche		
	1% Pepton-agar	5% Pepton-agar	1% Soda-bouill.	1% Pepton-agar	5% Pepton-agar	1% Soda-bouill.	1% Pepton-agar	5% Pepton-agar	1% Soda-bouill.
Pfeiffer's Kapselbact.[1])	66,6	70,0	—	17,7	14,6	—	12,56	9,10	—
Nr. 28[1]) . .	73,1	79,6	—	16,9	17,8	—	11,42	7,79	—
Pneumonie-bacterien .	71,7	79,8	—	10,8	11,3	—	13,94	10,36	—
Rhinosklerom-bacterien .	68,4	76,2	—	11,1	9,1	—	13,45	9,33	—
Vibrio cholerae asiaticae . .	—	—	64,96	—	—	—	—	—	30,78

Ein ähnlich hoher Aschegehalt von 31% ist bislang von keiner Bacterienart bekannt;[1]) er übertrifft den maximalen Aschegehalt der bereits untersuchten Bacterienarten um mehr als das Doppelte. Rücksichtlich des hohen Eiweissgehaltes stimmen die Choleravibrionen mit den andern Bacterien der Tabelle Va nahezu überein, wenngleich der Eiweissgehalt der betreffenden Bacterien durchgehends ein etwas höherer ist, als der Kommabacillen. Dahingegen treten bei den andern Bacterien wieder die Extractivstoffe mehr in den Vordergrund, während sie bei den Kommabacillen nur 2—3% höchstens ausmachen mögen.

Um ein möglichst vollständiges Bild der Zusammensetzung der Choleravibrionen, wenigstens bei Wachsthum auf Sodabouillon zu geben, habe ich in zwei Versuchsreihen mit je 31 Sodabouillon den Wassergehalt der Bacterien zu ermitteln gesucht. Obwohl der Natur der Sache nach derartigen Bestimmungen, selbst beim vorsichtigsten Abgiessen von dem Cholerahäutchen und dem sorgfältigsten Absaugen der Bouillonreste mit Filtrirpapier, immer gewisse Fehler anhaften müssen, glaube ich doch den erhaltenen Zahlen, namentlich wegen ihrer fast absoluten Uebereinstimmung

1) Allerdings sind bisher auch noch keine anderen Bacterien auf einem so aschereichen Substrat gezüchtet worden, wie die Sodabouillon, welche 25 bis 27% Asche in der Trockensubstanz enthielt.

im zweiten Versuche, eine gewisse Zuverlässigkeit beimessen zu dürfen. Ich erhielt bei:

	I	II	
Cholera alt	10,00	12,67%	Trockensubstanz
» Hamburg Winter .	12,88	12,03	»
» Paris	10,20	12,67	»
» Shanghai	12,93	12,69	»
» Hamburg Herbst .	9,84	11,33	»
	11,17	12,28	Trockensubstanz

Also im Mittel aus allen Versuchen **11,72%** Trockensubstanz oder **88,28%** Wasser. Wir erhalten somit als mittlere Zusammensetzung der Choleravibrionen auf Sodabouillon

88,3% Wasser,
7,6% Eiweiss,
3,6% Asche.

Versuche, auf Traubenzuckerbouillon in dem Zeitraume von 3 Tagen ein hinreichend kräftiges Wachsthum zu erzielen, schlugen fehl. Wegen der Säureempfindlichkeit der Choleravibrionen war, selbst bei Kalkzusatz, das Wachsthum nicht hinreichend kräftig genug, um eine üppige Ernte zu erzielen.

Hingegen war auf dem von Uschinsky angegebenen eiweissfreien Nährmaterial (s. o.), wenn das Wachsthum d. h. die Häutchenbildung, auch kein sehr kräftiges war, doch immerhin so viel Material zu erhalten, dass es zu einer Stickstoff-, Kohlenstoff- und Aschebestimmung ausreichte. Man mag sich wundern, dass ich derartige unvollständige Resultate mittheile. Es liegt dies aber in der Natur der Sache. Sollte nachgewiesen werden, dass Kommabacillen verschiedener Provenienz sich voneinander in der Zusammensetzung derart unterschieden, dass man ein mehr oder minder saprophytisches Wachsthum annehmen musste, so war zu derartigen Versuchen ein Nährmaterial auszuwählen, das ihren Ansprüchen nicht allzusehr zusagte, dessen Verwerthung und Ausnutzung ihnen gewisse Schwierigkeiten bereitete.

Ein solches weniger gut assimilirbares, zum Aufbau des Bacterienzellleibes nicht sehr geeignetes Nährmaterial brachte selbstredend einen geringen Ernteertrag mit sich. Im Grossen und Ganzen ungünstiger Nährboden und üppige Ernte sind nicht zu vereinende Widersprüche. Dann war zu beachten, dass jedenfalls, wenn sich Differenzen in der Assimilation der Nährsubstanzen seitens der verschiedenen Kommabacillen zeigten, es sich doch nur um vorübergehende Eigenschaften handeln konnte, dass mit der Zeit jedenfalls eine Angewöhnung der Kommabacillen an das Nährmaterial zu erwarten war. Es mussten sich also etwa auftretende Differenzen bei zu langer Ausdehnung der Materialgewinnung verwischen. Es ist dies auch der Grund, warum ich auf eine Wiederholung des Versuches verzichtete. Bot ich den Kommabacillen in 500 ccm Nährlösung 0,852 g N, so erhielt ich nach 3 Tagen manchmal durch Kochen und Ansäuern, d. h. durch Ausfällen der gesammten Bacterienmenge nur 15—20 mg N, im Häutchen selbst also jedenfalls noch weniger Stickstoff als Ernteertrag. Es hätte also eine Wiederholung des Versuches, namentlich da gerade bei der am meisten interessirenden Hamburger Cholera die Häutchenbildung mitunter ausblieb, unvermeidliche Luftinfectionen auch viel Nährmaterial verdarben, sich mindestens auf ein halbes Jahr erstreckt. Während der Zeit konnten die Kommabacillen ihre Eigenschaften geändert und das beabsichtigte Versuchsresultat illusorisch gemacht haben. Dann war zu hoffen, dass, wie dies auch bei der Cultivirung der Kommabacillen auf Sodabouillon der Fall gewesen war, die Analyse der einen Kommaform die der andern stützen würde. In der That war dies auch der Fall (s. u.) Die am längsten auf künstlichem Nährmaterial gezüchteten Kommaformen, die alte Laboratoriumscholera und die aus Sanghai, zeigen ebenso wie die aus den beiden Hamburger Epidemien befriedigende Uebereinstimmung, nur die Pariser Vibrionen zeigen ein vollkommen abweichendes Verhalten.

Im Uebrigen waren, wenn auch stellenweise nur wenig Material zur Untersuchung verwendet wurde, die Ausschläge doch derart, dass die unvermeidlichen Analysenfehler nicht von Be-

lang waren. Sie erreichten in einem einzigen Falle die Höhe von 4% des Gesammtresultates. Die Differenzen zwischen den einzelnen Choleraarten betragen aber 25—30%.

Betrachten wir nun die Resultate der Analysen, wie sie durch Tabelle VI und VII vorgeführt wurden, so erhalten wir durch den blossen Vergleich des Asche- und Stickstoffgehaltes ganz interessante und zum Theil unerwartete Resultate. Die Kommabacillen enthalten bei Wachsthum auf der Uschinskylösung jedenfalls ausser Eiweiss und Asche, welche beide Substanzen im Gegensatz zu dem Wachsthum auf Sodabouillon hier sehr in den Hintergrund treten, noch einen hohen Prozentsatz (bis zu 50%) andersartiger Körper. Sie sind nicht im Stande, aus dem milchsauren Ammoniak und dem Asparagin in so reichlicher Menge Eiweiss zu bilden, wie dies bei dem Pepton-Albumosegemenge der Sodabouillon möglich war. Dass die genannten Substanzen in nicht hinreichender Menge vorhanden gewesen, wird dadurch widerlegt, dass die Stickstoffausnutzung häufig nur 2—3% betrug.

Tabelle VI.

Cholera verschiedener Provenienz auf Uschinskylösung.

Cholera	Stickstoff %	Eiweiss %	Asche %	Summe %
alt	7,70	48,13	7,14	55,27
Hamburg, Winter	5,72	35,75	13,70	49,45
Paris	9,70	60,63	9,37	70,00
Shanghai	7,60	47,50	11,64	59,14
Hamburg, Herbst	5,51	34,37	14,74	49,11

Tabelle VII.

Cholerabacillen auf Uschinskylösung, elementare Zusammensetzung.

Cholera	C %	N %
alt	45,33	8,24
Hamburg, Winter	45,94	6,64
Paris	48,14	9,70
Shanghai	43,32	8,60
Hamburg, Herbst	40,40	6,46

Analytische Belege zu Tab. VI u. VII.

1. Cholera alt:

0,2156 g (0,2002 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0908 g C = 0,0167 g N; 0,1358 g = 0,0097 g Asche.

2. Cholera Hamburg, Winter:

0,0774 g (0,0667 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0306 g C = 0,0044 g N; 0,0818 g = 0,0112 g Asche.

3. Cholera Paris:

0,1306 g (0,1184 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0570 g C = 0,0127 g N; 0,1793 g = 0,0168 g Asche.

4. Cholera Shanghai:

0,1602 g (0,1416 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0613 g C = 0,0122 g N; 0,0928 g = 0,0108 g Asche.

5. Cholera Hamburg, Herbst:

0,0960 g (0,0819 g aschefrei) Trockensubstanz = 0,0331 g C = 0,0053 g N; 0,0665 g = 0,0098 g Asche.

Nebenbei ergibt sich aber noch die nicht uninteressante Thatsache, dass die Choleraarten verschiedener Provenienz sich verschieden verhalten mit Rücksicht auf den im Nährmaterial vorhandenen Stickstoff. Am besten rücksichtlich der Bildung von Bacterieneiweiss vermag die Pariser Cholera den Stickstoff zu verwerthen. Die alte Laboratoriumscholera und die von Shangai verhalten sich nahezu gleich und stehen ungefähr in der Mitte. Am schlechtesten nutzen den Stickstoff des Nährmaterials aus die Choleraarten aus den beiden Hamburger Epidemien, welche untereinander auch wieder gute Uebereinstimmung zeigen. Auch in dem Aschegehalte zeigen sich gewisse Differenzen. Jedenfalls sind die beiden Hamburger Choleraarten die aschereichsten. Doch möchte ich auf kleinere Differenzen kein allzu grosses Gewicht legen, da mir hinreichendes Material zu ausreichenden Bestimmungen fehlte.

Während sich somit die Kommabacillen verschiedener Provenienz auf günstigem Nährmaterial in ihrer Zusammensetzung vollständig gleich verhalten, treten auf minder günstigem Nährmaterial deutliche Differenzen hervor. Es hat den Anschein, dass Kommabacillen, die erst seit kurzer Zeit aus dem menschlichen Körper isolirt wurden, weniger im Stande sind, ihr Eiweiss aus schlecht assimilirbaren Ammoniaksalzen und Ammoniakderivaten zu bilden, als die bereits länger auf künstlichem Nährmaterial fortgezüchteten. Den

ersteren könnte demnach eine geringere Tendenz zum saprophytischen Wachsthum zugesprochen werden als letzteren. Allerdings macht die Pariser Cholera eine Ausnahme.[1])

Im Uebrigen möchte ich mich ausdrücklich verwahren, aus den vorliegenden Differenzen in der Zusammensetzung weitgehende Schlüsse zu ziehen, weil die Analysen nicht vollständig sind und wegen der geringen Mengen von Material, das analysirt wurde, an einer gewissen Unsicherheit leiden.

Diese beiden Ergebnisse, namentlich das erstere, dass die Kommabacillen sowohl was ihren Eiweissgehalt, als was ihren Aschengehalt betrifft, ein so ausgesprochenes Vermögen zeigen, sich dem Nährmaterial zu adaptiren, war ein so auffallendes, dass ich mich nach weiteren Stützen namentlich für das erstere umsah. Den Versuch am besten in noch ausgedehnteren Maassstabe zu wiederholen, ging aus den eben erwähnten Gründen nicht wohl. War doch nach Beendigung dieser ersten Analysen bereits über 1 Jahr verflossen, seit dem die Hamburger Wintercholera aus menschlichem Darminhalte isolirt worden war.

Ich verfuhr daher so, dass ich in je $^1/_2$ l gut gewachsener Culturen auf Uschinskylösung durch Kochen und Ansäuern mit verdünnter Essigsäure die Bacterien ausfällte und abfiltrirte.[2]) In dem abfiltrirten und mit Alkohol gewaschenen Eiweissbacteriencoagulum bestimmte ich den Stickstoffgehalt. Enthielt das durch diese Eiweissmethode gewonnene Bacteriencoagulum ausser Eiweiss und Asche noch andere Stoffe, so war damit auch der sichere Beweis geliefert, dass die unversehrten Bacterien noch im vermehrten Maasse diese Stoffe einschliessen. War es doch

1) Der Vollständigkeit halber, wiewohl ich hierauf keinen Werth lege, habe ich nach Abschluss der Untersuchungen den Virulenzgrad der verschiedenen Cholerasorten bei Meerschweinchen durch intraperitoneale Injection geprüft. Der typische Erkrankungsprocess kam bei keinem einzigen Thiere zur Beobachtung. Die beiden Hamburger Cholerasorten und die aus Paris wirkten in der Dosis, $^2/_{10}$ bis $^1/_2$ einer 20stündigen schrägerstarrten Agarcultur injicirt, toxisch. Die Thiere starben nach 3 bis 4 Tagen ohne Bacterienbefund im Bauchfell. Cholera alt und die von Shanghai waren ganz unschädlich.

2) Für die beiden Hamburger Choleraarten wiederholte ich ausserdem den Versuch noch einmal mit je 10 l Uschinskylösung und einer Ausbeute von ca. 600 und 700 mg Trockensubstanz.

kaum anders zu erwarten, als dass beim Kochen der Bacterien, wie beim Kochen von Fleisch, extractive und andersartige Stoffe, namentlich Salze, durch die Gerinnung des Eiweisses ausgepresst werden und in Lösung gehen, dass somit die Eiweissstoffe concentrirter werden. Es zeigte sich nun in der That, dass alle 5 Choleraarten, selbst wenn ich den maximalen Aschegehalt der unversehrten Bacterienmasse, der jedenfalls zu hoch gegriffen war, in Aurechnung brachte, doch ausser Eiweiss noch einen beträchtlichen Procentsatz fremdartiger Stoffe enthielten.

Es steht somit ausser allem Zweifel, dass die Kommabacillen, wie die andern von mir untersuchten Bacterien ein ganz ausgesprochenes Vermögen besitzen, sich dem Nährmaterial, worauf sie gewachsen, in ihrer Zusammensetzung zu adoptiren. Giebt man ihnen leicht assimilirbares lösliches Eiweiss, dann wird auch der Bacterienzellleib reich an Eiweiss, gibt man ihnen schwerer aufnehmbare Ammoniaksalze und Ammoniakderivate, dann treten die Eiweissstoffe in der Zelle in den Hintergrund. Wachsen die Kommabacillen auf Nährboden, der reich ist an Satzen (die Sodabouillon enthielt 25--26% Asche in der Trockensubstanz, die Uschinskylösung nur 11%), dann nehmen sie auch reichlich Mineralsubstanzen aus der Nährlösung auf, nimmt der Aschegehalt der Nährlösung ab, dann verarmt auch die Bacterienzelle an Aschesubstanzen.

Endlich habe ich noch eine Reihe von Versuchen darüber angestellt, wie die Ausnutzung des Stickstoffes bei dem Wachsthum auf Sodabouillon erfolgt, und welchen Einfluss die gemehrte oder geminderte Sauerstoffzufuhr auf diese Vorgänge hat. Ich verfuhr dabei so, dass ich die Bacterien auf je 90 ccm Sodabouillon theils in Petri'schen Schalen mit möglichst grosser Oberfläche theils in Reagensgläsern mit möglichst geringer Oberfläche — dieselben verhielten sich ungefähr wie 50 : 1 — züchtete. Nachdem in 3 Tagen kräftiges Wachsthum erfolgt war, fällte ich die Bacterien mit essigsaurem Eisen und bestimmte im Niederschlag ebenso den Stickstoff wie im Filtrate. Der Stickstoffgehalt der Nährbouillon war bekannt. Stickstoff im Niederschlag und Stickstoff im Filtrate musste gleich sein dem Stickstoffgehalte

der Originalbouillon. Ein auftretendes Deficit war bei den Reagensglasversuchen ganz zu beziehen auf gasförmige Stickstoffverbindungen und in erster Linie auf Ammoniak; bei den Plattenversuchen war insofern ein gewisses Deficit zu erwarten, weil beim Ausgiessen der Bouillon aus den Reagensgläsern in die Platten ein geringer Verlust von Bouillon unvermeidlich war. Tab. VIII enthält die Uebersicht über 2 derartige Versuchsreihen.

Tabelle VIII.

Stickstoffausnutzungsversuch bei Cholerabacterien auf 90 ccm Sodabouillon mit 0,154 g N.

	Alt	Hamburg, Winter	Shanghai	Paris	Hamburg, Herbst	Mittel
Platte { Niederschlag . .	0,025	0,030	0,033	0,038	0,027	
Platte { Filtrat	0,112	0,115	0 104	0,105	0,112	0,154
	0,137	0,145	0,138	0,143	0,139	0,140
						0,014
Reagensglas { Niederschlag	0,038	0,035	0,0274	0,035	0,035	
Reagensglas { Filtrat . .	0.108	0,103	0,1200	0,117	0,120	0,154
	0,141	0,139	0,147	0,152	0,154	0,146
						0,008
			90 ccm = 0,173 g N.			
Platte { Niederschlag . .	0,021	0,027	0,024	0,021	0,026	
Platte { Filtrat	0,131	0,128	0,132	0,138	0,134	0,173
	0,151	0,156	0,156	0,159	0,160	0,156
						0,017
Reagensglas { Niederschlag	0,019	0,022	0,019	0,016	0,022	
Reagensglas { Filtrat . .	0,144	0,126	0,147	0,150	0,142	0,173
	0,163	0,148	0,167	0,167	0,167	0,164
						0,009

Es zeigt sich, dass in einer Anzahl von Versuchen die Bildung von gasförmigem Stickstoff (Ammoniak) verschwindend klein, jedenfalls nicht grösser als die unvermeidlichen Versuchsfehler, oder sogar gleich Null ist, d. h. also, dass aller N *des Nährmateriales als Eiweissstickstoff in den Bacterien sich findet.* Die Cholerasorten der verschiedenen Provenienz verhalten sich nahezu gleichmässig, nur die Vibrionen der Hamburger Winterepidemie zeichnen sich in beiden Versuchsreihen

durch starke Bildung von gasförmigen Stickstoffverbindungen aus. Ob es sich um Zufälligkeiten handelt, vermag ich nicht zu entscheiden. Die gemehrte oder geminderte Zufuhr von Sauerstoff ist innerhalb der von mir gewählten Grenzen ohne Belang.

Die Bacterienernte selbst ist auch hier wieder, wie die Stickstoffmenge im Niederschlag durch essigsaures Eisen anzeigt, eine recht gleichmässige. — Ein weiterer Beweis für die von mir eingangs der Arbeit aufgestellte Behauptung.

Fassen wir zum Schlusse noch einmal die Resultate unserer Untersuchung kurz zusammen, da ergibt sich etwa Folgendes:

1. Es existirt bei den Bacterien eine directe Gasatmung; der directe Contact mit dem atmosphärischen Sauerstoff befähigt die Cholerabacillen, den Nährboden besser auszunutzen, als wenn selbst bei reichlichster Luftzufuhr kein solcher Contact stattfindet.

2. Die Zusammensetzung der Cholerasorten verschiedener Provenienz auf Sodabouillon ist eine nahezu gleichmässige. Die Trockensubstanz der Kommabacillen enthält im Mittel 65% Eiweiss und 31% Asche.

3. Ganz anders verhalten sich die Kommabacillen auf eiweissfreier Uschinskylösung. Sie enthalten hier in der Trockensubstanz weit weniger Eiweiss und Asche und zeigen eine voneinander deutlich verschiedene Zusammensetzung.

4. Auf gutem Nährboden verhalten sich die Kommabacillen rücksichtlich ihrer Zusammensetzung fast völlig gleich; auf weniger günstigem eiweissfreien Nährboden treten Differenzen auf, und zwar können die am unmittelbarsten aus menschlichen Dejectionen gezüchteten Kommabacillen die geringste Tendenz zu saprophytischem Wachsthum zeigen.

5. Bei dem Wachsthum auf Sodabouillon kommt fast alles von den Bacterien in Angriff genommene Stickstoff als Eiweissstickstoff. Die Sauerstoffzufuhr ist dabei innerhalb gewisser Grenzen ohne Belang.

Die Resultate der vorliegenden Arbeit hatte ich im Juli dieses Jahres in einem Vortrage in der medicinischen Section des naturhistorischen Vereins zu Heidelberg bekannt gegeben. Eine kurze Inhaltsangabe erschien in der Münchener medicinischen Wochenschrift Nr. 34 vom 21. VIII. Während des Druckes der Arbeit erhielt ich durch ein Referat in der hygienischen Rundschau vom 15. September Kenntnis von der Arbeit von de Giaca und Lenti.[1]) Die Verfasser untersuchten den Stickstoffgehalt, nicht die gesammte Zusammensetzung der Bacterien, von Agarculturen mit Rücksicht auf die verschiedene Virulenz gegenüber Meerschweinchen, und die verschiedene Provenienz der einzelnen Cholerasorten. Leider muss ich es mir versagen, auf die von den meinigen zum Theil scheinbar abweichenden, thatsächlich nicht unmittelbar vergleichbaren und von anderen Gesichtspunkten ausgehenden Resultaten der Verfasser näher einzugehen. Es hätte dazu einer umfangreichen experimentellen Grundlage bedurft, die ich in der kurzen Zeit nicht herstellen konnte.

1) Annali dell' instituta d'igiene sperimentale della R. Universita di Roma. Vol. III (nuova serie), p. 585, Roma 1893.

Beitrag
zum Studium der experimentellen malarischen Infection am Menschen und an Thieren.

Von

Prof. Dr. **Eugenio Di Mattei.**

(Aus dem hygienischen Institut der kgl. Universität zu Catania.)

Erster Theil.

Ueber experimentelle Malaria-Infection am Menschen.

Die Frage nach der Aetiologie der Malaria, ist, seit Laveran bis auf den heutigen Tag, Gegenstand der mannigfaltigsten Untersuchungen von Seiten zahlreicher italienischer und fremdländischer Forscher gewesen: die Resultate der Arbeiten stimmten aber, um die Wahrheit zu sagen, nicht immer überein.

Bei der Art der vorliegenden Arbeit würde ich in fremde Rechte eingreifen, wollte ich in eine Discussion der einzelnen Beobachtungen der verschiedenen Autoren eintreten, soweit solche dem höchst wichtigen Studium der morphologischen Seite und dem Entwickelungsgang der Parasiten gewidmet sind; aber andererseits muss ich bei der Beschaffenheit der vorliegenden Untersuchungen die ersten und glücklichen Beobachtungen Laveran's erwähnen und die darauf folgenden sorgfältigeren, strengeren und herrlichen Forschungen, welche von Marchiafava, Celli und Guarnieri gemacht wurden, die ja so ausserordentlich viel dazu beitrugen, die Aetiologie dieser Infection durch die Entdeckung höchst wichtiger diagnostischer Formen zu klären, und ich muss hier betonen, dass erst zeitlich nach diesen Versuchen

die Malariafrage, die bis dahin noch immer nicht ganz geklärt war, plötzlich ganz bedeutend an Klarheit gewann und dann mit neuen Kriterien und auf einer neuen Basis zu neuem Ziele studirt wurde, auf Grund der bahnbrechenden Beobachtungen Golgi's und der späteren ebenfalls wichtigen Arbeiten, welche von Grassi und Feletti, von Canalis und allen den andern scharfsichtigen, denselben Weg befolgenden Forschern gemacht wurden.

Der Grundsatz, der zuerst von Golgi aufgestellt wurde, dass nämlich den einzelnen klinischen, wohl von einander getrennten Erscheinungen von Malaria auch verschiedene Malaria-Parasiten mit eigenartigem Entwickelungsgang entsprechen, blieb bis auf den heutigen Tag unerschüttert und wurde von allen unparteiischen Forschern nur bestätigt.

Die experimentellen Untersuchungen mussten schliesslich die wahre und rationellste Controle dieser Beobachtungen geben, aber die zeitlich ersten derselben konnten die gewünschte Klarheit nicht bringen, da sie in einer Zeit gemacht wurden, die zwar nicht fern liegt, in der man jedoch noch nicht völlig klare und zuverlässige Begriffe von der Aetiologie dieser Infection besass.

Man hat allerdings — ich will hier nicht auf die sehr zweifelhaften Erfahrungen Dochmann's[1]) eingehen, die dann von Leoni[2]) wiederholt wurden — mit den ersten Forschungen

---

1) Dochmann zu Petersburg impfte mit subcutanen Injectionen den serösen Inhalt des Lippenherpes eines von Quartana Befallenen einem gesunden Menschen ein, und das Versuchsindividuum wurde wenige Stunden nach der Injection von Fieber gepackt, das ebenfalls den quartanen Charakter zeigte. Er impfte darauf den serösen Herpes-Inhalt eines an quotidianem Fieber Leidenden vier gesunden Individuen ein und löste in zwei Fällen ein positives Resultat, eine wahre Febris intermittens aus; in einem dritten Fall erzielte er ein einfaches Missbefinden und in dem vierten Falle traten keinerlei krankhafte Erscheinungen auf. — »Zur Lehre von der Febris intermittens«. Vorl. Mitth. Centralbl. für die Medic. Wissenschaften 1880, und Referat in Virchow-Hirsch. Jahresbericht 1880, II.

2) Gazzetta medica di Roma, December 1881. Leoni zu Rom hat die Versuche Dochmann's wiederholt, indem er den flüssigen Inhalt der Herpesbläschen, welche sich in grosser Anzahl auf dem Kinn und den Lippen eines an Febris intermittens Leidenden zeigten, unter die Haut zweier junger

Gerhardt's[1]) einen grossen Schritt in der experimentellen Frage vorwärts gethan: Gerhardt impfte Blut eines an Febris quotidiana Leidenden unter die Haut gesunder Individuen und konnte den Erfolg verzeichnen, dass er in zwei von fünf Fällen Anfälle von Malariafieber hervorrief, das dann mit Chinin geheilt wurde: in einem Falle erhielt er nämlich nach einem Incubationsstadium von 7 Tagen ein zunächst unregelmässiges Fieber und dann Intermittens quotidiana, in dem andern Falle nach 12 Tagen Anfälle von Malaria quotidiana.

Später hatte man dann noch hinsichtlich der Zuverlässigkeit bedeutend mehr erreicht durch die Versuche, welche nach den Rathschlägen Marchiafava's und Celli's und unter deren Leitung von dem Assistenten Mariotti und Ciarocchi[2]) gemacht wurden: diese impften zunächst mit subcutanen Injectionen Malaria-Blut ein, diese Impfungen immer für negativ ansehend, und konnten dann mit Venen-Injectionen in vier von vier Fällen Malaria-Infection auslösen. — Aber aus jenen und aus diesen Experimenten konnte man keinen Schluss ziehen, es sei denn, dass man die immerhin wichtige Thatsache von der Transmissionsfähigkeit der Malaria festlegte: da nämlich die Venen-Injectionen an denselben Individuen wiederholt angewandt wurden und manchmal bei kurzem

Bauern einführte. Bei dem einen zeigten sich an der Injectionsstelle Bläschen, welche den an dem Kranken beobachteten ähnlich waren; der Ausbruch derselben wurde von allgemeinem Missbefinden begleitet, ohne dass jedoch das Auftreten eines wirklichen Fieberanfalles zu verzeichnen gewesen wäre. Im andern Falle zeigte sich am Ende des zweiten Tages Röthung an der Injectionsstelle und dann erfolgte ein Fieberanfall, dem Schauerempfindungen voraufgingen; das Fieber endigte mit Schweiss und dauerte 10 Stunden an. Am folgenden Tage wiederholte sich der Anfall mit grösserer Intensität; nach Anwendung von Chinin kamen keine weiteren Anfälle vor. Derselbe flüssige Stoff wurde auch auf die Art, wie man Kuhlymphe einimpft, zwei Knaben in den Arm eingeimpft; diese zeigten nach einem Incubationsstadium von 2 bis 3 Tagen jenen Zustand des Missbefindens, welcher gemeiniglich einem Fieber-Paroxysmus vorangeht. (Aus der Schrift von Cuboni und Marchiafava: »Sulla natura della malaria«).

1) »Ueber Intermittens-Impfungen.« Zeitschr. f. klin. Medicin, 1884, Bd. III.

2) »Sulla trasmissibilità dell' infezione malarica.« Lo sperimentale, fasc. 12, 1884.

Zwischenraum nach den subcutanen, so konnte mit Sicherheit von einem Incubationsstadium nicht die Rede sein, noch durfte man die Erscheinungen den Venen-Injectionen ausschliesslich zuschreiben und auch nicht einer bestimmten derselben in der zeitlichen Folge: es hätte ja alles auch die Folge der subcutanen Injectionen sein können, wie es übrigens auch mit vieler Wahrscheinlichkeit für einige der von den Autoren angeführten Fälle anzunehmen ist. — Die Einwände sind aber mit vorstehenden Auslassungen noch nicht erschöpft; denn man hatte an ein und demselben Individuum bei kurzen Intervallen Impfungen vorgenommen mit Blut, das von mehreren Malaria-Kranken mit verschiedenen Fieber-Typen genommen war. Später haben Marchiafava und Celli[1]) selbst über diese 4 oben angeführten Fälle eingehend referirt und dieselben besprochen, zudem noch ein fünftes, von ihnen selbst geleitetes Experiment, und sie zogen den Schluss, dass man nur in drei Fällen die wahre Auslösung der Malaria mit typischem Verlauf, ausschliesslich durch Venen-Injection erzeugt, annehmen dürfe.

Betonten übrigens Marchiafava und Celli, dass es schwer sei, hier von einer bestimmten Dauer der Incubation zu sprechen — in Folge der zu oft wiederholten Injectionen, die man an den Experimentsobjecten vornahm, so zeigten sie sich doch geneigt, eine Incubation von sehr kurzer Dauer anzunehmen.

Thatsächlich konnten sie in dieser so ausserordentlich wichtigen Frage ein strenges Urtheil nicht abgeben, und so standen sie an, den Erfolg der Injectionen mit Malaria-Blut als von beträchtlich langer Incubation begleitet anzusehen — immerhin verdienen auch diese Fälle Beachtung.

Das Jahr darauf theilten diese fleissigen Forscher einen weiteren Fall von experimentell erzeugter Malaria[2]) mit: in diesem Fall war die Zeit der Incubation sehr kurz (2—3 Tage); nunmehr folgerten sie als Schluss, dass die Incubationszeit überhaupt

1) »Nuove ricerche sull' infezione malarica«. Arch. p. le Scienze Med., Vol. IX, Nr. 15, 1885.

2) Marchiafava u. Celli. Studi ulteriori sull' infezione malarica. Arch. p. le Scienze Med., Vol. X, 1886.

kurz sei und bestätigten hierdurch das, was sie nach ihren ersten Versuchen bereits angenommen hatten[1]).

Aber bisher war das Ziel dieser experimentellen Unternehmungen ein eng begrenztes: man hielt hier gleichen Schritt mit den Erfahrungen, welche die Klinik und die mikroskopische Beobachtung für die Aetiologie der Malaria lieferten. — Als aber diese durch gutgeführte Beobachtungen mehr und mehr an Klarheit gewann, da erhielt die experimentelle Frage eine grosse Bedeutung, da sie die Aufgabe übernahm, den Gegenbeweis zu dem zu liefern, was die mikroskopischen Untersuchungen, auf Grund klinischer Fälle, zu beweisen trachteten: nunmehr hielt man es für nöthig, nach dem von Golgi[2]) aufgestellten Satz experimentell die gegenseitigen Beziehungen zwischen Mannigfaltigkeit und Entwickelungsgang der Malaria-Parasiten einerseits und der Verschiedenheit der Fiebertypen andererseits zu studieren.

Die ersten, auch die einzigen Versuche, welche man zur Aufgabe kannte, gehören der klinischen Schule zu Rom an, welche unter Leitung von Baccelli steht.

Gualdi und Antolisei[3]) unternahmen, um die gestellte Aufgabe zu lösen, Versuche und teilten zwei Fälle von Malaria mit, die sie auf experimentellem Wege durch Venen-Injection mit Blut eines an Intermittens quartana (?) Leidenden ausgelöst hatten. — Durch ihre Versuche wurde nun zwar hinsichtlich der Incubationsperiode etwas Klarheit gewonnen, denn sie warteten verständiger Weise längere Zeit auf das Resultat der vorgenommenen Injection; aber sie gaben doch weder über den Fieber-Typus und über den mikroskopischen Befund des Blutes des Malaria-Kranken einen genauen Aufschluss, noch schienen sie längere Zeit hindurch die beiden Versuchsobjecte beobachtet zu haben, noch haben sie schliesslich (und das wiegt am meisten)

1) l. c. Arch. p. le Scienze Med., Vol. IX, 1885.

2) Golgi, »Sull' infezione malarica.« »Sul ciclo evolutivo dei parassiti malarici nella febbre malarica terzana.« »Sulle febbri intermittenti malariche a lunghi intervalli.« Arch. p. le Scienze Med., Vol. X u. Vol. XIV.

3) »Due casi di febbre malarica sperimentale.« Bullet. dell' Acad. Med. di Roma, fasc. 6, 1888—89.

Fälle von primitiver Malaria zum Versuch benutzt. — Sie schliessen — und das wohl ein wenig voreilig — daraus, dass durch Venen-Injection ein Fieber erzeugt wurde, das 10 Tage Incubation hatte und keinen Fieber-Typus zeigte, dass der zweite Fall mit einer Incubation von 12 Tagen, aber auch ohne Erzeugung von Fieber-Typus verlief.

Wer nun aber genau die thermographische Tafel betrachtet, die der Arbeit der vorgenannten Autoren angefügt ist, den wird es verwundern, dass sich im ersten Fall das Fieber bei dem Impfling am 20. Mai mit einer Temperatur von 38,5° einstellte, dann am Nachmittag den 22. Mai eine Temperatur von 40,8° erreichte, dass am 24. ein weiterer Anfall auftrat, bei dem die Temperatur 40,5° erreichte, und dass es dann am 26. bei einem neuen und stärkeren Anfall andauerte, bei dem sich die Temperatur bis zu 41,5° erhob, dass dann am 28. ein fünfter Anfall zu verzeichnen war mit einer Temperatur von 39,8°, bis dass sich nach diesem Tage der Typus dieses Fiebers nur noch nach Behandlung mit Chinin wandelte.

Und ein ebenfalls starker Zweifel wird bei dem Leser entstehen, nach dem Befund des Blutes in dem geimpften Individuum: hier werden Formen von Amoeben beschrieben, die die Pseudopoden mit grosser Lebhaftigkeit ausstrecken und wieder einziehen, so dass der Zweifel entstehen kann, ob sie nicht etwa zugleich mit den Parasitenformen der Quartana die Amoeben der Tertiana eingeimpft haben (wie sie selbst auch später bestätigen) und dass wahrscheinlich diese letzten sich mit Uebergewicht in dem geimpften Individuum verbreitet haben, um so mehr, wenn man Gewicht auf den hervorgerufenen Fieber-Typus legen will.

Viel unbestimmter und somit noch weniger annehmbar sind auch die Nachrichten, die sich auf den zweiten Fall beziehen, und somit sind auch die erzielten Resultate viel leichter angreifbar. — Aus demselben Grunde verdient schliesslich der dritte Fall noch weniger Beachtung[1]), der von denselben Autoren erwähnt, doch von ihnen nacher nicht einmal zum Beweise herangezogen

1) Gualdi u. Antolisei, l. c.

wurde, da sich der Impfling einige Tage nach der Injection aus dem Hospital entfernt hatte: in diesem Falle stellte sich in Verfolg der Injection von Blut eines an Quartana Leidenden ein quartaner Typus mit fünf Anfällen bei regulärem Intervallum ein. — Diese Experimente, die ja nach der Schlussfolgerung der Autoren eher gegen als für den Gedanken der diversen Arten von Malaria-Parasiten und entsprechendem Fiebertypus sprachen, lichteten mithin das Problem sehr wenig.

Später verzeichneten Antolisei und Angelini[1]) zwei weitere Fälle von experimentell erzeugter Malaria, und da bei diesen Fällen grössere Vorsichtsmaassregeln angewandt wurden, so mochten auch die Resultate besser und brauchbarer sein. — Man erhielt nämlich in beiden Versuchsobjecten die mit Blut eines an tertianer Malaria Leidenden geimpft waren, eine Incubation von 11 Tagen, man erhielt entsprechend den eingeimpften Parasitenformen bei den Impflingen einen mikroskopischen Befund des Blutes, der identisch mit dem bei dem Patienten war, und man erhielt auch einen Fiebertypus, der an den des an Intermittens tertiana Leidenden erinnerte. — Die Autoren hingen aber fest und zäh ihren ersten Ansichten an und machten nun sich selbst die verschiedensten Einwendungen, die nicht ganz und immer angebracht waren; sie zeigten sich hinsichtlich einer den Fiebertypus betreffenden Schlussfolgerung sehr zurückhaltend, wohl aber betonten sie, dass die morphologischen Erscheinungen der eingeimpften Parasiten sie in den Stand setzten, zu belegen, dass das Haematozoon der Malaria tertiana verschieden sei von dem der quartana und dem sichelförmigen, und sie stützten so theilweise die Lehre Golgi's von der Existenz verschiedener Arten von Malaria-Parasiten, sie glaubten sich aber noch nicht dazu berechtigt, mit jeder Eigenart der Parasiten einen besonderen Fieber-Typus zu verbinden.

Die Forscher hatten aber hiermit noch nichts Vollkommenes in Folge des Zustandes des an tertianem Fieber Leidenden gewonnen: denn der Fieber-Typus war, wie die Autoren selbst durchblicken

1) »Due altri casi di febbre malarica sperimentale.« Riform. Med. Settemb. 1889.

liessen, nicht so scharf ausgeprägt, dass alle Zweifel, welche man hinsichtlich der Reinheit des Falles hegen konnte, ausgeschlossen waren.

Und während man daher einerseits ihr Schwanken und ihre Zurückhaltung wohl berechtigt finden kann, so bemerkt man andererseits eine vollständige Bekehrung schon kurze Zeit später, als einer von ihnen, nämlich Antolisei mit Gualdi[1]) die Gelegenheit hatte, Experimente mit allergrösster Strenge zu führen. — Sie fanden nämlich ein Individuum, das an primitiver, reiner Malaria quartana mit ausgeprägtestem Fiebertypus litt und in dessen Blut sie durch fleissige und fortgesetzte Beobachtungen die Formen der Parasiten der Quartana allein fanden. — Sie impften das Blut dieses Individuums einem Versuchsobject ein, das niemals bisher an Malaria gelitten hatte, und konnten unter diesen so ausserordentlich günstigen Umständen ein Fieber mit 12tägiger Incubation auslösen, das sich ganz regelmässig mit vollkommenem quartanem Typus entwickelte, sie konnten bei Prüfung des Blutes des Impflings die Entwickelung des Haematozoon der Quartana in seinem ganzen, schon bekannten, Entwickelungshergang vorfinden und verfolgen.

Es war ihnen nunmehr klar, dass der Ausgang der Experimente von der Strenge abhing, die bei dem Studium und bei der Durchführung derselben zur Anwendung kam, und dieselben Autoren theilen[2]) kurze Zeit darauf einen weiteren wichtigen Fall mit, bei welchem sie durch Venen-Injection Malaria-Blut, das sichelförmige Parasiten enthielt, einem gesunden Individuum einimpften und dann in dem Blut des Versuchsobjectes das sichelförmige Haematozoon und auch den Entwickelungsgang feststellen konnten, welcher bisher von vielen Forschern als zu dieser Art der Parasiten gehörig angesehen wurde: und sie erreichten nach 13 Tagen Incubation ein Fieber mit unregelmässigem Typus, wie es auch heute noch auf das Vorhandensein solcher Parasiten stets schliessen lässt.

1) Gualdi u. Antolisei, »Una quartana sperimentale.« Rif. Med. 89.

2) Gualdi u. Antolisei, »Inoculazione delle forme semilunari di Laveran.« Riforma Medica, Nov. 1889.

So waren die auf Experimente gestützten Schlussfolgerungen der klinischen Schule zu Rom bei diesen letzten Versuchen, die gut geführt und gut gelungen waren, sehr entscheidend; und nur eine kurze Zeit von wenigen Monaten nach den ersten Versuchen, die kein sicheres und klares Resultat ergaben, schrieb Antolisei[1]) in seiner letzten Arbeit, dass „da man die Vorsicht anwandte und Blut immer von Individuen nahm, die an primitiver Malaria-Infection litten, man die glänzendsten Resultate für die Lehre von der Existenz einer Mannigfaltigkeit der Malaria-Parasiten verzeichnen konnte; — dass nach Injection von Blut der primitiven tertiana auch ein Fieber mit Anlehnung an den tertianen Typus ausgelöst wurde und auch Parasitenformen nachgewiesen wurden, die den eingeimpften gleich waren; dafs man nach Impfung von Blut der primitiven Quartana die Auslösung der Formen des Haematozoon der Quartana verzeichnen konnte; dass man nach Injection der halbmondförmigen Formen, die von einem an primitiver Malaria-Infection Erkrankten genommen waren, ein unregelmässiges Fieber erhielt, das diesen Parasiten eigen ist, so dass man im Blut das Vorhandensein von halbmondförmigen Gebilden und deren allmähliche Entwicklung constatiren konnte, wie man es ja speciell bei den Infectionen dieser Art zu finden pflegt." — Der Schluss war also: »Impft man eine Reincultur einer Malaria-Parasitenart ein, so erhält man die Reproduction der eingeimpften Art« mit entsprechendem Fieber-Typus ohne jede Abweichung. Schliesslich begründet der Autor die Verschiedenheit zwischen den unbestimmten Resultaten der ersten Experimente und den bestimmten der späteren Versuche, indem er betont, dass der Irrthum durch die Unreinheit der gewählten Fälle verursacht wurde, da man es bei diesen mit Personen zu thun hatte, die schon andere Male an der Malaria gelitten hatten, so dass ein und dasselbe Individuum, welches an Malaria krankte, in seinem Blut verschiedene ausgewachsene Arten von Malaria-Parasiten hätte gehabt haben können oder

1) Considerazioni intorno alla classificazione dei parassiti malarici. Rif. Med., Aprile 1890. (Lavoro lasciato inedito e pubblicato dopo la morte immatura dell' Antolisei, per cura del Dr. Angelini.)

doch wenigstens Amoeben, welche sich gleich im ersten Stadium, bei den nur ganz schwachen Unterschieden leicht auswechseln konnten.

So beschränkte sich nun die Literatur der wirklich begründeten .und streng bearbeiteten Fälle auf eine nur kleine Zahl, d. h. auf die zwei oder drei oben genannten Fälle. – Diese Spärlichkeit findet ihre Begründung in der Schwierigkeit, welche sich beim Suchen nach Individuen mit primitiver reiner Malaria einstellt, und durch die Abneigung, welche die Leute gemeiniglich dagegen haben, als Versuchsobjecte zu dienen. – In unsern Hospitälern wächst die Schwierigkeit, solche Experimente zu führen, ganz gewaltig. — Und andererseits können in der That zwei oder drei Fälle nicht genügen, um vollkommen von der experimentellen Seite das Bild der Parasiten-Arten in der Aetiologie der Malaria zu erklären, um so mehr, als noch Meinungsverschiedenheiten hinsichtlich der morphologischen Seite der Frage zwischen den einzelnen Forschern bestehen und auch heute noch nicht alle darin einig sind, ein- und dieselbe systematische Classification anzunehmen. —

So lag die experimentelle Frage der Malaria, als ich mit der thatkräftigen Unterstützung der Kollegen Grassi und Feletti (denen hier bestens danken zu können, mir angenehme Pflicht ist) die ersten Versuche am Menschen vorzunehmen begann: von diesen Versuchen sind bereits einige kurz veröffentlicht[1]), ich führe aber jetzt alle hier auf, auf dieselben des Weiteren eingehend, um auch meinerseits zur Klärung der ätiologischen Frage der Malaria beizutragen, zumal bei den besonderen Umständen, unter denen diese Versuche vorgenommen werden konnten. —

Die zuerst von Gerhardt behauptete Thatsache, dass Experimente von subcutaner Injection mit Malariablut positive Resultate ergaben, — eine Thatsache, die keine Bestätigung durch die ähnlichen, aber voreiligen Versuche Mariotti's und Ciarocchi's

1) Di Mattei. Contributo allo studio dell' infezione malarica sperimentale nell' uomo e negli animali. Riforma Medica. Maggio 1891.

erfahren hatte, — wurde von Calandruccio[1]) durch einige Versuche im Laboratorium Grassi's mit mehr Glück geprüft und bestätigt und erhielt später allgemeine Rechtfertigung durch Grassi und Feletti, auf Grund des Zustandes des Patienten selbst, wie wir übrigens später noch Gelegenheit haben werden, anzuführen.

Damals wollte auch ich das Experiment versuchen, um so mehr als sich mir dazu die günstigste Gelegenheit bot, und wollte zudem die Modalitäten der Versuche sichten und gegeneinander abwägen.

Die subcutanen Injectionen verlangen nicht die Cautelen, welche die Venen-Injectionen erheischen, auch erregen sie nicht in dem, der sich ihr unterzieht, jenes peinvolle Angstgefühl, welches gleichsam immer die Vornahme einer Venen-Injection bei dem Patienten erzeugt. — Es war somit leichter, mehrere subcutane Injectionen an mehreren Individuen vorzunehmen.

I. Experiment.

Impfung mit Blut der Quartana an gesunden Personen.

G. Mantese aus Roccella Jonica, Bauschlosser, 18 Jahre alt, wurde, als er in der Piana an Dammarbeiten am Flusse Simeto beschäftigt war, nach 20tägigem Aufenthalt an Ort und Stelle von einem sehr heftigem Fieber-Anfall ergriffen, den er sich, wie er glaubte, zugezogen hatte, als er eines Tages während einer Feierstunde neben dem Flusse eingeschlafen war. Als er Tags darauf nach Catania kam, fieberte er noch, obgleich er sofort Chinin genommen hatte. Er blieb bis am Abend des vierten Tages fieberlos und während er schon glaubte, am nächsten Tage wieder in die Piana abreisen zu können, wurde er von einem Anfall gepackt, der heftiger war als der erste und der ihn zwang, das Bett zu hüten.

Die Prüfung des Blutes in den beiden Tagen der Apyrexie liess in einigen rothen Blutkörperchen einige sehr vereinzelte

1) Citato da Grassi u. Feletti: »Parasiti malarici degli uccelli.« »Classificazione dei parasiti malarici.« Bollet. Acad., fasc. XVIII, 1891.

Hämamöben erkennen, häufiger zeigten sich Körper mit vorwiegend runder Form und Pigmentkörnchen an der Peripherie; bei den folgenden Beobachtungen liess sich wahrnehmen, dass diese Körper anwuchsen auf Kosten des rothen Blutkörperchens bis zur äussersten Theilungsphase.

Die mikroskopische Prüfung, die methodisch fortgeführt wurde, liess keinen Zweifel über die Beschaffenheit des Haematozoon und über den Fiebertypus.

In den folgenden beiden Tagen der Apyrexie nahm Patient 50 ctgr. Chinin; das verhinderte jedoch nicht, dass nach zwei Tagen und zwar genau am Morgen des vierten Tages ein dritter Anfall auftrat.

Nun wurden mittels gut sterilisirter Pravaz-Spritze aus einer der oberflächlichen Venen des rechten Armes des Patienten, der noch fieberte, 10 ccm Blut entnommen, und dieses wurde subcutan am Arm vier Individuen eingeimpft, die sich aus freien Stücken zum Versuche angeboten hatten. —

Die vier Versuchsobjecte hatten niemals an Malaria gelitten, noch waren sie je in Malaria-Orten gewesen.

Die Quantität des eingeimpften Blutes war bei den einzelnen Impflingen nicht die gleiche: Dem ersten wurde ½ ccm Blut injicirt, dem zweiten 1 ccm, dem dritten und vierten 2 ccm.

Fall I: G. Petralia, Diener, 22 Jahre alt, erhielt subcutan injicirt in den rechten Vorderarm 2 ccm vom Blut des oben genannten Individuums. (14. Aug.)

Den P. hatte ich Gelegenheit, täglich im Laboratorium zu sehen. Ich machte von Zeit zu Zeit eine Prüfung des peripherischen Blutes durch Punctur des Fingers, aber immer mit negativem Resultat. Er selbst mass täglich zwei mal seine eigene Temperatur an der Achselhöhle. — P. hatte gleichsam schon die Injection vergessen, der er sich unterworfen hatte, als er am 1. September (17 Tage nach der Injection) während er sich im Laboratorium befand, von Schüttelfrost befallen wurde und dann darauf von heftigem Fieber, welches auf 40,2° stieg und 9 Stunden andauerte, dann mit reichlichem Schweissausbruch fallend. Am Tage darauf war P. vollkommen fieberfrei und kehrte, ein wenig

müde, in das Laboratorium zurück. Die Prüfung des Blutes liess endoglobulare, pigmentführende, sehr kleine Formen von sehr runder Gestalt erkennen. Den folgenden Tag dauerte die Apyrexie an, das Individuum war guten Muths, die Blutprüfung ergab einen Befund, der dem des vorhergehenden Tages fast gleich war, doch hatten die Parasitenformen an Grösse zugenommen, gleichsam das rothe Blutkörperchen einnehmend: man entdeckte ferner einige endoglobulare Formen mit Pigmentkörnchen auf dem Wege der Centralisation.

G. Petralia. Blutinjection mit Hämatozoen der Quartana.

Reaction: Quartaner Fiebertypus.



Fig. 1.

1. Blutimpfungstag. 2. Chinin.

Am 4. September gegen 11 Uhr Vormittags empfand P. Gefühl von Kälte, welches sich immer mehr steigerte, und dann wurde er von Fieber ergriffen, welches 40° erreichte. — P. äusserte, dass die Kälte erträglich sei, die Nägel waren nicht stark cyanotisch, das Fieber hatte nicht die Ermattung verursacht wie das erste Mal. Die ca. 4 Stunden nach dem Anfall vorgenommene Prüfung des Blutes, liess endoglobulare Formen erkennen, pigmentlos, in sehr geringer Anzahl — und zudem noch einige, sehr vereinzelte pigmentirte Formen.

P. glaubte, dass das Fieber von selbst wieder weichen würde, und nahm nicht Chinin. Aber nach zwei weiteren Tagen gänzlicher Apyrexie, während welcher die Prüfung des Blutes viele

Formen der Quartana gezeigt hatte, von kleineren bis zu grösseren, runde, endoglobulare und pigmentirte, wurde P. am 7. Sept. um 5 Uhr Morgens, während er noch im Bett lag, durch Kälteempfindung an den unteren Gliedern aufgeweckt und darauf von Fieber befallen. Die Temperatur stieg auf 39,5°, um dann vollständig gegen 3 Uhr Nachmittags mit Schweissausbruch zu fallen. — Die Prüfung des Blutes, welche gleichsam sofort vorgenommen wurde, liess Trennungsformen erkennen, welche nach und nach seltener wurden, bis sie bei den folgenden Prüfungen verschwanden.

Am 10. gegen 9 Uhr Morgens ein neuer sehr starker Anfall, die Temperatur stieg auf 40°, das Fieber dauerte 26 Stunden an und schwächte den Kranken sehr. — Darauf entschloss er sich, Chinin zu nehmen, um jeden neuen Anfall zu verhüten, und in der That kam das Fieber nicht wieder.

Fall II: N. Parisi, Stallbube, ist das zweite Versuchsobject; er erhielt durch subcutane Injection in dem Arm 2 ccm vom Blut der Quartana eingeimpft.

Am 25. August, nach 11 Tagen Incubation, wurde der Impfling, ein 14 jähriger Knabe, um 10 Uhr Morgens von einem leichten Fieberanfall gefasst, bei welchem die Temperatur auf 39,5° stieg und welcher den ganzen Tag und auch den Abend andauerte, mit schwachem Schweissausbruch sich legend. Die Prüfung des Blutes, die ich ca. 2 Stunden nach dem Anfall vorzunehmen Gelegenheit hatte, liess noch ziemlich zahlreiche Theilungsformen erkennen, die bei den folgenden Untersuchungen nach und nach verschwanden. Den Tag nach dem Anfall begannen andererseits sich endoglobulare pigmentirte Formen zu zeigen, kleine, regelmässige und am folgenden Tag reife Formen, grössere und unregelmässige, mit im Centrum angehäuftem Pigment.

Es lag nach der mikroskopischen Blutprüfung über die Art des Malaria-Parasiten, mit dem man es hier zu thun hatte, kein Zweifel vor: es war genau der der Malaria quartana. Und thatsächlich hatte der Kranke, Tags darauf, am 26., gegen 4 Uhr Nachmittags einen zweiten Anfall, der stärker war als der erste:

die Temperatur stieg auf 40°; man entschloss sich, das Fieber zu brechen durch Verabreichung von Chinin durch den Mund (1 g bisulf. in 3 Dosen), aber trotzdem kehrte das Fieber am 31. August um 2 Uhr Morgens wieder; sehr schwacher Anfall, Temperatur 39,2. — Die Blutprüfung liess das Hämatozoon der Quartana in seinen verschiedenen Phasen der Entwicklung erkennen. Nach weiterer Verabreichung von Chininsalzen kam das Fieber nicht wieder.

N. Parisi. Blutinjection mit Hämatozoon der Quartana.

Reation: Quartaner Fiebertypus.

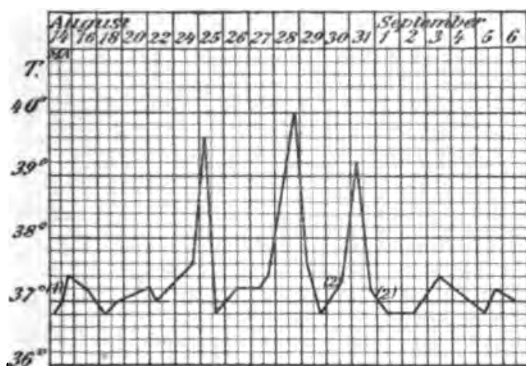


Fig. 2.

1. Blutimpfungstag. 2. Chinin.

Fall III: F. S. erhielt 1 ccm Blut der quartana, wie die andern, subcutan in den rechten Vorderarm injicirt. Zwei ganze Monate stand der Impfling unter unserer Controlle: er hatte in der ganzen Zeit keinerlei Leiden. Blutbefund immer negativ.

Fall IV: E. D. M. erhielt eine Injection unter die Haut des rechten Armes von 1/2 ccm Blut der quartana. Seit der Impfung sind einige Monate verstrichen und der Impfling hat keinerlei Beschwerden gehabt. Blutbefund auch negativ.

Diese erste Reihe von Versuchen führt zu mannigfachen Betrachtungen von hohem Interesse. Sie bestätigten zunächst vor allem andern die Experimente Gerhardt's und Calandruccio's, hinsichtlich der Transmissionsfähigkeit der Malaria

mittels subcutaner Injection von Malaria-Blut; dieser Weg war bisher von den Forschern vernachlässigt worden; denn dieselben haben, vielleicht unter dem wenig günstigen Eindruck der ersten negativ verlaufenen Versuche, ihre Zuflucht immer zu den Venen-Injectionen genommen. — Es wird nicht bestritten, dass die subcutane Injection nicht immer und nicht mit derselben Sicherheit positive Resultate zeitigt wie die Venen-Injection. Und gestützt auf meine beiden Experimente, die negativ verliefen, in denen dem einen Versuchsobject $^1/_2$ ccm und dem andern 1 ccm Blut injicirt wurde, glaube ich annehmen zu müssen, dass die Menge des eingeimpften Blutes und somit auch die Anzahl der eingeimpften Parasitenelemente von grossem Einfluss auf den Ausgang des Experiments sind. Während thatsächlich bei Venen-Injection, auch mit nur kleinen Blutquantitäten, alle Malaria-Parasiten in den Kreislauf eintreten, wo sie ihre Evolution vornehmen, ist es andererseits sehr wahrscheinlich, dass bei subcutanen Injectionen ein grosser Theil von ihnen an Ort und Stelle zerstört wird, wie auch Mannaberg annimmt.

Ein anderes, noch wichtigeres Factum ist es, dass mit Blut eines an primitiver Quartana Erkrankten auch in beiden Fällen ein Fieber mit quartanem Typus ausgelöst wurde. So wird der Gedanke von der Existenz verschiedener Malaria-Parasitenarten immer mehr bekräftigt, und wenn man in der glücklichen Lage ist, es mit Individuen mit reiner primitiver Malaria zu thun zu haben, so nimmt das positive Resultat die Kraft eines Gesetzes an.

Wir waren in der Lage, in dem an Quartana Leidenden, durch methodische Blutprüfung den Entwickelungskreis der Malaria-Parasiten der Quartana und den entsprechenden Fiebertypus, der eine grössere Zeit hindurch immer typisch blieb, verfolgen zu können; und das wird man immer bei den Individuen finden, die in den Orten wohnen, wo Malaria-Parasiten sich häufiger voneinander getrennt lebend vorfinden.

II. Experiment.

Impfung mit Blut mit Laveran'schen Malaria-Parasiten an einem gesunden Menschen (Fieber mit irregulärem Typus).

Ich hatte mich bereits entschlossen, da sich Versuchen dieser Art sehr viele Hindernisse entgegen stellten, es Andern zu überlassen, in ausgedehnter Form und unter günstigeren Verhältnissen zu arbeiten und Beweise für das Thema zu bringen, als ich auf den folgenden Fall stiess, dessen wichtige klinische Geschichte ich kurz anfüge; mit diesem konnte ich ein einziges Experiment nur vornehmen.

Am 10. September wurde ich zu einer armen Familie gerufen, wo der 15jährige Bursche P. Conti, der gemeiniglich in der Piana arbeitete, erkrankt war. Patient erzählte, dass er seit 4 Monaten dort das Fieber bekommen hat, das ihn täglich besuchte, jedesmal durch Schüttelfrost eingeleitet und mit Schweissausbruch endend. — Diese Fieber dauerten 3, 5, 6, 8 Tage lang an trotz grossen Chiningaben; dann liess das Fieber 10, 15 Tage lang nach. Jetzt lag er seit 4 Tagen wieder vom Fieber besucht, im Bett. Der kleine Patient hatte hohes Fieber; während des Tages hatte er zwei heftige Nasenblutungen gehabt, denen er auch schon früher oft unterworfen war; und ich überzeugte mich sofort, dass ich es hier mit einem Fall von Malaria-Infection zu thun hatte. — Ohne mich auf Weiteres einzulassen und ohne eine Blutprüfung vorzunehmen, verordnete ich 60 cg Chinin in 2 Dosen pro die. Nach einigen Tagen verschwand das Fieber. —

Ich sah dann den kleinen Patienten nicht weiter, bis ich nach 8 Tagen wieder gerufen wurde.

Der Knabe war von Neuem wieder von Fieber gepackt und es überkam ihn die Nasenblutung.

Jetzt entschloss ich mich Blutprüfung vorzunehmen und entnahm Blut durch Punctur aus dem Finger und Blut von der Nasenblutung. Der Befund war für beide Blutarten derselbe; rothes Blutkörperchen blass, Vermehrung der Leucocyten, vereinzelte Formen von kleinen, endoglobularen, pigmentlosen Hämamöben, einige Laveran'sche Sichelformen. Dieser Befund ist

identisch mit den weiteren, die wir in den folgenden Tagen constatiren konnten, überhaupt für die ganze, nicht gerade kurze Zeit, während welcher wir den Patienten in Beobachtung behielten.

Ich entschloss mich darauf, subcutan das Blut der Nasenblutung zu injiciren. Nachdem ich die ersten Bluttropfen aus der Nase hatte frei auslaufen lassen, und nachdem ich die Nasenhöhlen sorgfältig aseptisch gereinigt hatte, wurden die weiteren in einem Reagenzgläschen sterilisirten gesammelt, die gefüllt war mit ca. 2 ccm Wasser, welches gut sterilisirt war und auf einer Temperatur von 37° gehalten wurde. In wenigen Minuten hatte sich so viel Material gesammelt, dass ich eine ganze Anzahl von Experimenten hätte machen können; ich hatte aber nur die Gelegenheit, hiermit ein einziges auszuführen.

Fall I: Am 18. September um 2 Uhr Nachmittags impfte ich subcutan an zwei Punkten des rechten Armes 4 ccm Blut (2 ccm Blut in 2 ccm sterilisirtem Wasser) einem jungen Manne, (N. Petralia, Tischler, 16 Jahre alt), ein. — Das Versuchsobject hat niemals vorher an Malaria gelitten, sich auch nicht in Sumpfgegenden aufgehalten.

Während gut 14 Tagen, von der Injection an gerechnet, hatte der Impfling keinerlei Beschwerden; am 3. October gegen 11 Uhr Vormittags bekam er Kopfschmerz, Unbehagen, Uebelkeit, Erbrechen: er klagte über Schüttelfrost und darauf trat Fieber auf. Temperatur war nicht sehr gesteigert, 39,5° und legte sich gegen Mitternacht mit Schweiss. Tags darauf gegen 4 Uhr Nachmittags von Neuem Schüttelfrost, die Temperatur stieg auf 40°, um dann wieder auf 36,5° nach ca. 7 Stunden zu fallen, sich mit leichtem Schweiss legend. Am 5. gegen 6 Uhr Nachmittags ein neuer Anfall, die Temperatur steigt auf 39,8°, und fällt gegen Morgen des 6. — Nach zwei Tagen vollkommener Apyrexie hat der Kranke am 9. einen weiteren Anfall, der aber milder ist als die vorhergehenden: Temperatur 39,2°, vorhergehend keine starken Kälteschauer, doch fühlt sich Patient entkräftet. Am 10. hielt sich die Temperatur mehrere Stunden hindurch auf 38,5° dann fiel sie nach und nach bis auf 36,8° herab. Nach 5 Tagen vollkommener Fieberlosigkeit, am 16. ein neuer Anfall, bei dem die

Temperatur 39° erreichte, ohne vorhergehenden Schüttelfrost. — In den Abendstunden wird dem Patienten 1 gr. Chinin in 3 Dosen verabreicht, ferner ½ gr. am Morgen des 17. — Trotzdem trat im Laufe des Tages, gegen 11 Uhr Vormittags, ein weiterer Anfall, der letzte, auf, bei welchem die Temperatur auf 38,5° stieg. Mit diesem Tage nahm Patient täglich Chinin, wurde auch einer stärkenden Kur unterzogen, und so hat er seitdem keinerlei Rückfälle.

Die Prüfung des Blutes, die sorgfältig und zu verschiedenen Tageszeiten vorgenommen wurde, ergab folgenden Befund, den

N. Petralia. Blutinjection mit Sichelformen. Irreg. Fiebertypus.
Reaction: Irreg. Fiebertypus.

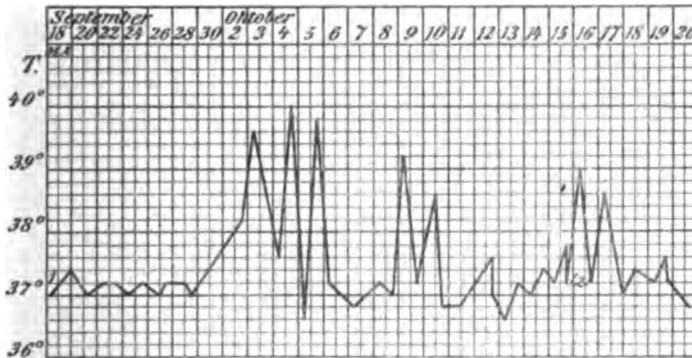


Fig. 3.
1. Blutimpfungstag. 2. Chinin.

wir hier kurz wiedergeben. — Negativ während der ganzen Zeit, die zwischen der Injection und dem ersten Fieber-Anfall lag. Am Tage des Anfalls, vor und nach diesem, endoglobulare, pigmentlose Formen in sehr grosser Anzahl, auch waren einige ovale endoglobulare Formen mit Pigmentkörnchen am Centrum vorhanden. Fast den gleichen Befund bis zum 10. — Am 11. zeigten sich ausser den endoglobularen, pigmentlosen Formen, die sehr vereinzelt vorkamen, einige sichelförmige Parasitenformen. Tags darauf vermehrten sich diese sichelförmigen Gebilde, und bei einigen zeigten sich Pigmentkörnchen. Vom 11. bis 17. wurden die Sichelformen seltener, und häufiger liessen sich einige ovale Formen mit Pigmentkörnchen am Centrum erkennen. Vom 17. an

zeigten sich dieselben Formen aber sehr selten, und einige Tage später ist die Prüfung eine vollständig negative, besonders in der letzten Zeit. Das allmähliche Verschwinden der verschiedenen Formen begann nach der Verordnung von Chinin.

Auch dieser Versuch bringt wichtige Betrachtungen. Thatsächlich entnimmt man aus demselben, dass durch Einimpfung von Malariablut mit sichelförmigen Gebilden Laveran's nach einer 14tägigen Incubation ein Fieber ausgelöst wird, das keinen cyklischen Verlauf zeigt, wohl aber einen durchaus unregelmässigen Typus: dass dieses Fieber den Salzen des Chinin zuerst Widerstand leistet, dann aber endlich denselben weicht: dass die Blutprüfung zuerst, am Tage des Anfalles selbst, kleine endoglobulare, pigmentlose Gebilde erkennen lässt, und dann 23 Tage nach der Injection und 9 Tage nach dem ersten Anfall die ersten sichelförmigen Parasiten zu sehen sind, die zunächst anwachsen und dann später abnehmen bis zu gänzlichem Verschwinden, nach Chininverabreichung.

Um nun also den Schluss zu ziehen: wenn wir einen Blick auf den Verlauf des Fiebers richten, so finden wir einen ganz unregelmässigen Typus, wie noch besser aus der graphischen Tafel erhellt, wo der Fiebertypus des Individuums verzeichnet ist; und wenn wir Betrachtungen über die vorgefundenen Parasiten anstellen, so sehen wir, dass sie in ihrer Form und in ihrem Entwickelungsgang der Art ähnlich sind, welche in der Phase ihrer grössten Entwickelung durch die Sichelformen Laveran's belegt und bei den Fiebern mit unregelmässigem Typus beschrieben wird.

So würde also auch diese Parasitenform als eine Art für sich zu betrachten sein, die eingeimpft, sich mit dem Fiebertypus, der sich mit ihr verbindet, reproducirt.

Diese Beobachtung, die der Gualdi's und Antolisei's sehr analog ist, bestätigt und stützt die Behauptung von verschiedenen Malaria-Parasitenarten und ihrer Unabhängigkeit voneinander durch die verschiedenen klinischen, am Menschen gemachten Belege.

* * *

Aber die bisher gemachten Experimente beschäftigen sich, wie wir gesehen haben, mit der Einimpfung von Malaria-Parasitenformen in ein gesundes Individuum. Auf diese Erfahrungen gestützt, wollte ich einen Schritt weiter thun und eine wohl bekannte und wohl bestimmte Malaria-Parasitenart Individuen einimpfen, welche bereits gelitten hatten oder noch litten an andern Malariatypen, die ebenfalls genau studirt waren, um so besser zu sehen, ob eine wahre Unabhängigkeit der einzelnen Parasitenarten voneinander besteht, beim gelegentlichen Vorhandensein verschiedener wohl bekannter Parasitenarten in demselben Individuum.

III. Experiment.

Impfung mit Malariablut in ein an Malaria leidendes Individuum. — Injection von Blut mit Laveran'schen Formen in ein an Quartana krankes Individuum.

Der vorliegende Fall bezieht sich auf zwei an primitiver Malaria-Infection leidende Personen, die in täglichen und wiederholten Untersuchungen des Blutes und Betrachtung des entsprechenden Fiebertypus von den Collegen Grassi und Feletti und von mir beobachtet worden waren, und den wir lange Zeit hindurch studirten. Es bestand also kein Zweifel über den Bestand des Blutes der beiden Patienten, deren klinische Geschichte ich in Kürze anfüge. Beide hatten sich aus freien Stücken zum Versuch angeboten, da sie selbst lebhaftes Interesse an der Frage hatten.

S. P., 22 Jahre alt, hatte seit seiner Geburt keinerlei Krankheit gehabt. Im Juli begab er sich, seinem Berufe folgend, in Malaria-Gegenden, 12 Tage nach seiner Ankunft wurde er von einem Fieber befallen, dem Schüttelfrost vorherging und das mit reichlichem Schweiss wich. Das Fieber kehrte am nächsten Tag wieder und erhielt sich längere Zeit unregelmässig. Patient war nach Catania zurückgekehrt und nahm Chinin, das Fieber verschwand für einige Tage, erschien aber später wieder. Die thermographische Tafel zeigt, dass das Fieber des Patienten einen sehr unregelmässigen Verlauf hatte. Auf 2, 3, 4 Tage heftigsten Fiebers, während welcher die Temperatur auf 40—41 ° stieg, folgte vollständige Apyrexie für 8—10 Tage; auf diese folgten dann wieder

neue Anfälle für weitere 1—2 Tage mit einer Temperatur von 39°—40° und dann trat von neuem eine lange fieberlose Zeit auf, sich auf 10, 15—20 Tage erstreckend.

Die Prüfung des Blutes wurde sorgfältig einige Monate hindurch betrieben und zwar mehrmals am selben Tage; sie liess nichts anderes erkennen als beständig sichelförmige Gebilde, die bald von kleinen endoglobularen, pigmentlosen Formen, bald von solchen mit Pigmentkörnchen gegen das Centrum hin begleitet waren.

Gut zwei Monate hindurch wurde täglich die Beobachtung des Blutes des Individuums vorgenommen; dieselbe ist immer von dem gleichen Befund gewesen.

P. A. ist das zweite Individuum: 15 Jahre alt, ist seit seiner Kindheit niemals krank gewesen. Er hat sich vom Juni bis zum August 1889 in Malaria-Orten aufgehalten und sich dort eine Quartana triplex zugezogen, welche sich mit leichten Schwankungen bis zum 7. Januar 1890 hinzog und zuletzt den einfachen quartanen Typus beibehielt. — Patient vernachlässigte sein Fieber, nahm keine Heilmittel. Das Fieber kam immer in den Vormittagsstunden mit vorausgehendem Schüttelfrost und fiel am Nachmittag mit vielem Schweiss, nachdem es immer eine zwischen 40 und 40,5° schwankende Temperatur erreicht hatte. Das Blut war Gegenstand sorgfältigster Prüfungen während der ganzen langen Zeit, die Patient die Institute der Zoologie und klinischen Propädeutik und Hygiene besuchte, und gab folgenden Befund. Nach dem Anfall zeigten sich endoglobulare, pigmentirte Formen, von kleiner und im Umriss sehr regelmässiger Gestalt und später reifere, grössere Formen, wenig regelmässig, mit Pigmentanhäufung gegen das Centrum und einige mit beginnender Scission und dann kurz vor dem Anfall die gewohnten Formen der schon erfolgten Scission, also im Ganzen der volle Kreisgang des Parasiten der Quartana.

Am 31. Januar blieb Patient ohne das erwartete Fieber, er hatte keinen Schüttelfrost und die Temperatur hielt sich diesen Tag normal. Im Blut wurden mit der eingetretenen Apyrexie die Hämomöben der Quartana seltener und seltener. An diesem

selben Tage wurde dem Patienten mittelst Venen-Injection, und zwar in die vena basilica des rechten Armes dieses an Quartana leidenden Individuums, ein wenig weniger als 2 ccm vom Blute eingeimpft, das mit den gewohnten Cautelen aus der Mittelvene des rechten Armes von dem Individuum S. P. genommen war; dieses Blut enthielt halbmondförmige Parasiten, wie ja auch schon oben in der Geschichte des Falles eingehend berichtet worden.

Der an Quartana leidende Patient, an dem so diese Impfung vorgenommen worden, hatte von der Injection, der er sich unterzogen, nichts zu leiden, auch nicht jene zeitweise Temperaturerhöhung, welche bisweilen hierbei von den Experimentatoren angezeigt wurde wie eine Reaction der Injection.

Die Blutprüfung, die sorgfältig von mir vorgenommen wurde, und zwar zu verschiedenen Stunden, und die von den Collegen Grassi und Feletti controlirt wurde, und die Schwankungen der Temperatur gaben folgendes Resultat, wie ich es kurz aus den Aufzeichnungen des Laboratoriums wiedergebe.

In den ersten Tagen nach der Injection wurden die Hämamöben der Quartana sehr selten bis zu ihrem vollständigen Verschwinden.

Die Temperatur hielt sich bis zum 16. Februar bei kleinen Schwankungen ohne jede Bedeutung.

Von dem Tage an begannen sich kleine endoglobulare, pigmentlose Formen von neuem zu zeigen, zuerst in kleiner Anzahl (vom 16. bis 20. Februar), dann während einiger aufeinander folgender Tage (21. und 22. Februar) in recht beträchtlicher Anzahl, um dann schliesslich immer mehr und mehr abzunehmen, bis zum 25., an welchem Tage sich zum ersten Male halbmondförmige Gebilde und zwar in bescheidener Anzahl erkennen liessen; diese blieben dann längere Zeit.

Die Temperatur, welche bis zum 16. Februar sich normal gehalten hatte, begann vom 16. bis zum 20. stärkere Schwankungen zu zeigen, welche bis 38° gingen. Und der Patient, der sich bis zum 16. leidlich wohl gefühlt hatte, begann dann Mattigkeit, Kopfschmerz, Uebelkeit und Appetitlosigkeit zu fühlen, so dass er das Bett aufsuchte.

Am 21., 6 Tage nach dem neuen Auftreten der kleinen endoglobularen, runden Formen und 5 Tage vor dem ersten Erscheinen der Halbmondformen im Blute, d. h. 21 Tage nach erfolgter Injection und ungefähr 5 Tage nach den ersten fiebrischen Störungen, welche 16 Tage nach der Impfung auftraten und die

P. A. an Quartana krank, geimpft mit Blut von S. P. sichelförmig.

Reaction in P. A. von irreg. Fiebertypus.

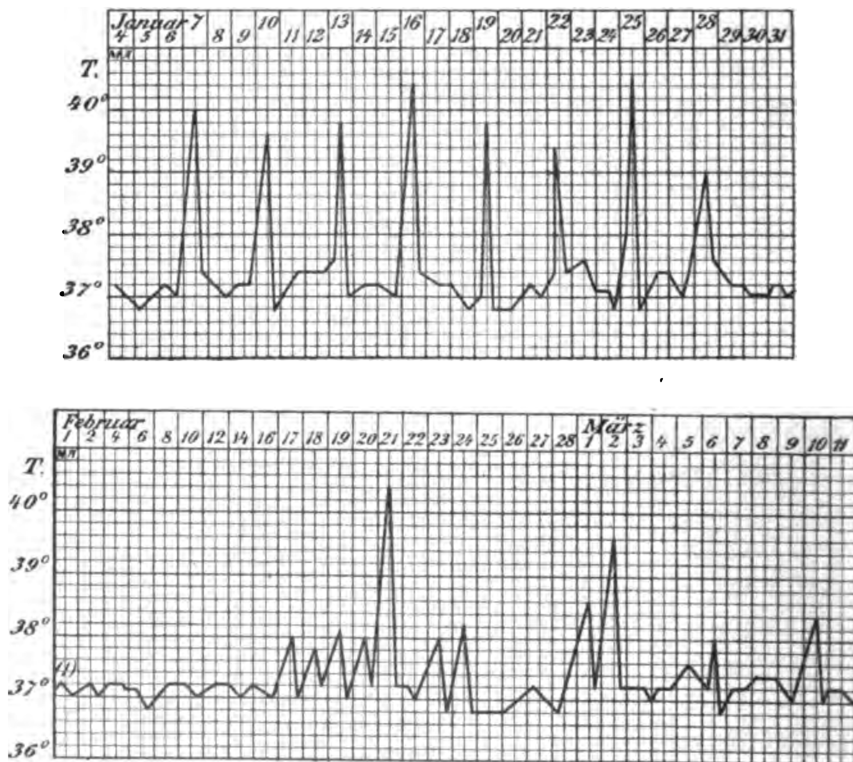


Fig. 4 und 5. 1. Blutimpfungstag.

mit dem Vorhandensein der endoglobularen Formen zusammentrafen, erwachte Patient mit sehr hohem Fieber, das ihn in der Nacht befallen hatte und dem heftiger Schüttelfrost vorhergegangen war. Am Morgen war die Temperatur 40,5° und gegen Mittag ging sie zurück bei reichlichem Schweiss.

Am 22. Apyrexie und endoglobulare Formen im Blut.

Am 23. und 24. hob sich in den Vormittagsstunden die Temperatur auf 38°, um dann in den Abendstunden der betreffenden Tage wieder zu fallen.

Am 25. vollkommene Apyrexie, im Blut Auftreten von Sichelformen.

Vom 25. bis zum 28. dauerte die Apyrexie an, Sichelformen blieben gegenwärtig.

Vom 1. März an zeigten sich verschiedene Temperaturerhöhungen, ohne Bestand, ohne Form, die eine geraume Zeit einen durchaus unregelmässigen Verlauf hatten, aus dem kein charakteristischer Typus erhellte. Es zeigte sich keine Rückkehr zum Fiebertypus der primitiven Quartana.

Dann wurde Patient mehrere Monate einer strengen Behandlung unterzogen, und in Verfolg derselben schwanden die Sichelformen, schwanden die endoglobularen Formen und schwand auch das Fieber.

Aus der vorliegenden Beobachtung einen Schluss ziehend, finden wir die folgenden, uns wichtig erscheinenden Thatsachen.

Von der Injection bis zu den ersten fiebrischen Störungen verliefen 16 Tage, dann traten starke Anfälle auf, nach 21 Tagen. Die Fiebercurve zeigte sich während dieser Zeit und auch später sehr unregelmässig.

Im Blut zuerst vollständiges Verschwinden der quartanen Formen. Auftreten der ersten endoglobularen Formen ohne Pigment 16 Tage nach der Injection und Auftreten der Sichelformen 25 Tage nach der Injection. Zusammentreffen der endoglobularen, pigmentlosen Formen mit den ersten fieberischen Störungen. Neben den Sichelformen zeigten sich andere ovale Formen mit Pigment im Kranz, die dem Entwickelungsgang dieser Species der Malaria-Parasiten angehören.

Man hat also dadurch, dass man Blut, welches Sichelformen enthielt, einem schon mit Malaria, und zwar mit quartanem Typus, inficirten Individuum einimpfte, ein Fieber mit unregelmässigem Verlauf ausgelöst und auch die entsprechende Reproduction der halbmondförmigen Gebilde mit dem ganzen Entwickelungsgang, der dieser Parasitenspecies angehört.

Dies ist der erste Fall, der bisher beschrieben wurde, von Einimpfung einer wohlbekannten Malaria-Parasitenspecies in das Blut eines anderen Individuums, das bereits an Malaria litt, bei dem das Blut eine andere, ebenfalls genau bestimmte Malaria-Parasitenspecies enthielt. Aus diesem Fall ergibt sich, dass es nicht möglich ist nachzuweisen, selbst nicht, wenn man mit von Malaria inficirten Individuen experimentirt, dass sich eine eingeimpfte Parasitenart in eine andere Art ändert, möge man auch eine lange Zeit hindurch die strengsten Untersuchungen des Blutes des Impflings immer und immer wieder vornehmen.

Mit diesem Gegenstand werden wir uns aber eingehender beschäftigen, nachdem wir die Ausführung des folgenden zweiten Falles erledigt haben.

IV. Experiment.

Impfung von Blut eines an Quartana Leidenden in ein Individuum mit Laveran'schen Parasiten.

Der vorliegende Fall bezieht sich auf eines der vorher schon bezeichneten Objecte, d. h. auf P. A., der, wie wir schon bei Wiedergabe seiner klinischen Geschichte gesagt haben, Fieber mit quartanem Typus hatte (Quartana entweder triplex oder simplex) und in dessen Blut die dem Hämatozoon der Quartana charakteristischen Parasitenformen vorhanden waren, und auf ein zweites an Malaria krankes Individuum mit sichelförmigen Parasiten, P. S., von dem wir hier nachstehend kurz gewisse Daten geben werden.

Dieser Patient, mit sichelförmigen Parasiten behaftet, hat eine sehr kurze klinische Geschichte, die in wenigen Worten wiederzugeben ist. Patient ist 19 Jahre alt, ohne hereditäre Belastung, hatte keine Krankheit bisher.

Als er seinem Berufe folgend in Malaria-Gegenden arbeitete, wurde er fieberkrank. Das Fieber erhielt sich mit unregelmässigstem Typus ungefähr 6 Monate hindurch. Patient holte sich das Fieber gegen Ende October und war von dieser Zeit an bis Ende März unter der Beobachtung der Collegen Grassi und Feletti, welche täglich sein Blut und den Fieberverlauf prüften.

Von der Zeit an, als zum ersten Male die Blutprüfung vorgenommen wurde, konnte man die Sichelformen bemerken neben anderen kleinen, endoglobularen Formen ohne Pigment. 6 Monate hindurch war der Blutbefund immer derselbe, er liess immer die vorgenannten Formen erkennen. In den letzten Zeiten begannen die Sichelformen jedoch sich karger sehen zu lassen.

Während dieser ganzen Zeit wurde durch die Blutprüfung immer mehr bestätigt, dass die Sichelformen und die anderen Gebilde des Entwickelungsganges sich nicht in Formen einer anderen Species umgestalteten. Patient war nach 6 Monaten, die er sich beständig unserer Beobachtung unterworfen hatte, noch immer mit sichelförmigen Parasiten belastet, und wir waren daher hinsichtlich der Reinheit des vorliegenden Falles vollkommen sicher.

Das Fieber war, wie wir gesagt haben, ein ganz unregelmässiges, es befiel den Patienten immer ganz plötzlich, ohne dass er es erwarten konnte. Bald traten lange Zeiträume von Apyrexie auf, die von 1, 2, 3 Fiebertagen unterbrochen wurden, in denen sich dann bisweilen an ein und demselben Tage 2 Anfälle zeigten, bald waren die Zwischenräume kürzer und die Anfälle folgten schneller aufeinander oder waren vereinzelter.

Die klinische Geschichte des an Quartana Leidenden ist schon oben aufgeführt worden und auch der resp. Blutbefund ist bereits mitgetheit worden.

Wir hatten also Individuen, welche lange Zeit hindurch beobachtet worden waren, mit primitiver Malaria-Infection, zwei durchaus reine Fälle, der eine mit unregelmässigem Fieber und mit dem halbmondförmigen Hämatozoon im Blut, der andere mit einem Fieber mit regelmässigem quartanen Typus und mit dem Hämatozoon der Quartana im Blut.

Am 20. März, es war dies ein Apyrexietag für das semilunäre und das quartane Individuum, wurden mittels Venen-Injection dem Individuum mit dem Halbmondformen in eine der oberflächlichen Venen des Armes ca. 2 ccm vom Blut aus dem an Quartana Leidenden eingeimpft.

Der Impfling hatte keinerlei Leiden nach der Injection zu verspüren, das man als Reaction hätte ansehen können, keine

Temperaturerhöhung weder wenige noch viele Stunden nach der Injection.

Vom 21. an war das Blut dieses Objectes Gegenstand langer und wiederholter, täglicher Beobachtungen. Auch die Temperatur wurde streng mehrere Male des Tages nach Methode genommen. Kurz berichte ich nachstehend über die mikroskopischen Beobachtungen und die entsprechenden thermometrischen, wie sich dieselben aus dem Journal des Laboratoriums ergeben.

Für die Zeit vom 21. März bis zum 3. April, d. h. 14 Tage, kann man den Blutbefund in wenige Worte zusammenfassen. Die Sichelformen, welche vor der Injection ziemlich zahlreich waren, wurden immer seltener bis zu ihrem vollständigen Verschwinden; die endoglobularen, pigmentlosen Formen, welche schon vereinzelt waren, verminderten sich ebenfalls immer mehr, bis sie verschwanden und ihr Verschwinden erfolgte einige Tage eher als das der Sichelformen.

In dieser Zeitpause von 14 Tagen schwankt die Temperatur immer um den normalen Stand herum mit unbedeutenden Differenzen von einigen Gradpunkten, über oder unter 37°.

Am Morgen des 4. April liess die Blutprüfung des Individuums, welches sich immer noch im Apyrexiestadium befand, endoglobulare, pigmentlose Formen erkennen; einige liessen leichte, amöboide Bewegungen, aber sehr träger Art, erkennen, einige waren auf dem Wege der Scission.

Aus diesem Befund, der nicht wenig überraschte, liess sich ein naher Anfall schliessen. Es vergingen in der That wenige Stunden und das Individuum wurde von heftigem Kopfschmerz, sehr starkem Schüttelfrost, von Uebelkeit, von Erbrechen und endlich von einem Anfall starken Fiebers befallen; während desselben stieg das Fieber gegen Mittag bis auf 40,2°. Gegen Abend war die Temperatur noch 39°, aber später begann sie dann sich bei starkem Schweissausbruch zu senken.

Am 5. liess die Blutprüfung rothe Blutkörperchen mit endoglobularen, kleinen, pigmentirten und durchaus runden Formen erkennen und am 6. zeigte sich eine vermehrte Menge der pigmenthaltigen Formen, dieselben waren aber grösser und mit

unregelmässigen Contouren; endoglobulare Formen ohne Pigment fehlten.

Die Temperatur sank in den zwei oben erwähnten Tagen, am 5. und 6., gleichsam auf normalen Stand, hielt sich auch einige Zehntel Grad unter 37°. Es waren dies also zwei Tage vollkommener Apyrexie.

Am 7. Morgens liess die Blutprüfung das Verschwinden der pigmentirten Formen erkennen, man unterschied einige sehr vereinzelte, endoglobulare Formen ohne Pigment.

P. S. Sichelförmiger, geimpft mit Blut von P. A., an Quartana krank.

Reaction in P. S. von quartana Fiebertypus.

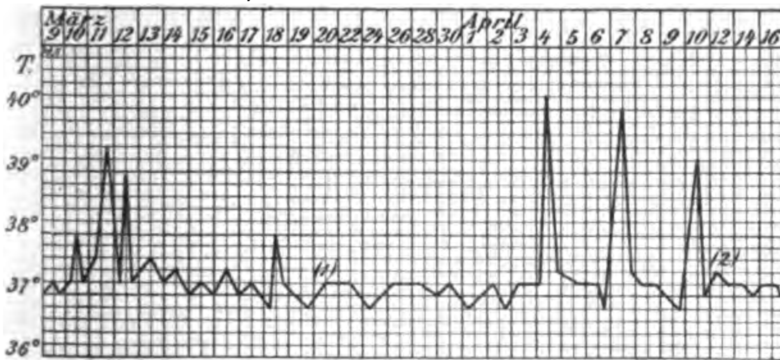


Fig. 6.

1. Blutimpfungstag. 2. Chinin.

Die Temperatur erhob sich indessen, nachdem sie am Morgen 36,8° gezeigt hatte, gegen Mittag auf 40,2°. Jedoch war der Fieberanfall sehr mild; er dauerte nicht so viel Stunden an wie der erste.

Dann zwei weitere Apyrexietage (8. und 9.) mit Formen im Blut, die denen gleichen, welche schon bei dem ersten fieberlosen Stadium beschrieben worden, dann am 10. ein weiterer Fieberanfall mit endoglobularen und pigmentlosen Malaria-Parasitenformen.

Patient nahm Chinin. Das Fieber wiederholte sich oft und nach 15 Monaten, während welcher Zeit Patient sich niemals von Catania entfernt hat und immer unter unserer Beobachtung

geblieben ist, hat er noch Fieber mit quartanem Typus! mit kurzen Zeiten von Apyrexie, die wohl auf Conto des Chinin zu schreiben sind.

Wir fassen nun die Beobachtung so zusammen: In Verfolg der Impfung von Blut aus der Quartana in ein Individuum mit halbmondförmigen Parasiten sind die in letzteren enthaltenen Sichelformen zuerst selten geworden, um dann später vollständig zu verschwinden; es liegen zwischen Injection und dem ersten Fieber-Anfall 15 Tage; man erhielt ein Fieber mit quartanem Typus; man erblickte im Blut die ersten Formen des quartanen Parasiten 15 Tage nach der Injection und dann konnte man alle die anderen Formen des Entwicklungswesens dieses Hämatozoon nachweisen.

Aus diesem zweiten Versuch, welcher den Ansichten über die Aetiologie der Malaria viel neues Material zuführte, das Resultat des ersten Versuches bestätigt, ergibt sich auch, dass das Hämatozoon der Quartana, eingeimpft in ein Individuum, das mit Malaria behaftet ist und in seinem Blute wirklich andere wohlbekannte Parasiten-Arten (Laveran'sche Formen) führt, sich sehr wohl wieder reproduciren kann, unabhängig von den primitiv vorhandenen Parasitenformen, und dass es, ohne irgend welche Aenderung in seinem biologischen Verlauf zuzulassen, klinisch den Fiebertypus auslöst, welcher an dieses selbe Hämatozoon geknüpft wird.

Es ist also sehr wahrscheinlich, dass in der Malaria-Infection eine neue Parasitenart, die in das Blut eintritt, manchmal und unter besonderen, sicherlich nicht leicht zu bestimmenden Verhältnissen die Bekundungen vom Leben und von der Ausbreitung eines anderen schon früher vorhandenen Parasiten anhalten oder über ihn die Oberhand gewinnen kann; dass dann dieses letztere nach kürzerer oder längerer Zeit und in Verfolg bestimmter Vorbedingungen des Organismus aus dem latenten Stadium hervorgehen und sei es nun gleichzeitig mit dem eingeführten Parasiten oder sei es nach dessen Erschöpfung, seinem natürlichen Ent-

wicklungsgang mit dem entsprechenden klinischen Typus folgen kann.

So würde eine natürliche Erklärung gefunden sein für das erste Erstaunen Gualdi's und Antolisei's[1]), für den von ihnen im Jahre 1889 studierten Fall[2]) des Individuums Lupi; bei diesem, welcher schon vorher am 10. Mai mit Blut geimpft wurde, welches von einem an Quartana leidenden Individuum stammte, das schon ausser dem letzten auch an verschiedenen anderen Malaria-Fiebertypen gelitten hatte, sahen die Verfasser gegen Ende September (d. h. ungefähr 5 Monate nach der Injection) einen letzten Rückfall auftreten, in dessen Verlauf der Patient, ohne dass er das Hospital verlassen hatte und ohne dass die Möglichkeit einer Neuinfection gegeben war, in seinem Blut neben den Amöben auch sichelgestaltige, eiförmige, runde und geisselförmige Formen zeigte.

Auch würde so durch das Experiment der andere Fall eine Controle finden, der von Antolisei und Angelini[3]) an der Person des Isopi Luigi beobachtet wurde: dieser Patient hatte einige Jahre hindurch an Malariafiebern mit verschiedenen Typen gelitten und kam zum Hospital, Heilung suchend von Fieber mit quartanem Typus, wie es durch den entsprechenden mikroskopischen Blutbefund belegt wurde. — Der quartane Typus schwand jedoch nach einigen Anfällen von selbst und mit diesem Schwinden zugleich ging das Untergehen der Parasitenformen der Quartana vor sich. Als Patient dann jedoch nach einigen Apyrexietagen auf Verordnung des Arztes zur Reinigung ein ziemlich kaltes Bad genommen hatte, wurde er von Schüttelfrost und von hohem Fieber betroffen: dieses hielt dem Chinin Stand und war nicht mehr mit quartanem Typus verbunden, nahm vielmehr einen ganz unregelmässigen Verlauf an, und es zeigten sich gleichzeitig im Blut zunächst endoglobulare, pigmentlose und dann semilunare Formen[4]).

1) Antolisei. Considerazioni intorno alla classifica dei parasiti della malaria. (Rif. Med., Apr. 1890.)

2) Gualdi und Antolisei. Due casi di febbre malarica sperimentale. (loc. cit.).

3) Archivio italiano di Clinica Medica. Milano 1890.

4) Es ist bekannt, dass Individuen, welche von einer Malaria-Infection geheilt sind oder sich wenigstens geheilt glauben, da sie sich speciellen

So würden endlich eine Klärung alle die vielen Fälle erfahren, die unrein waren und die Schwierigkeiten beim Erforschen der Aetiologie der Malaria vermehrten. Und es würde eine Controle durch das Experiment für die Thatsache gefunden sein, welche von der Klinik hervorgehoben und von Antolisei ausgedrückt worden [1]), dass nämlich ein Nebeneinanderbestehen mehrerer Malaria-Parasitenarten in ein und demselben Individuum, das wiederholt an Malaria-Infection gelitten hat, möglich sei; denn manchmal zeigt sich im periferischen Blut, das doch gewöhnlich zur Beobachtung genommen wird, nur eine Species, die eben die Ursache des letzten Fiebers ist, während sich die andern Arten in einem latenten Zustand und in andern Organen halten, um die Zeitpunkte abzuwarten, die ihnen als Momente ihrer Ausbreitung und ihrer schnellen Reproduction im Blut bestimmt sind. — Und so wird der Patient mittels therapeutischer Behandlung von einer vorhandenen Art geheilt werden können, um dann Rückfällen, durch andere verborgene und widerstandsfähige Formen hervorgerufen, zu begegnen.

Gleichzeitig mit meinen Versuchen wurden im zoologischen Laboratorium Grassi's von Dr. Calandruccio zum selben Beweis Versuche gemacht, und die erreichten Erfolge waren in gleicher Weise wichtig.

Eine dieser experimentellen Beobachtungen ist mit den eigenen Worten Calandruccio's in einer vorbereitenden Abhandlung Grassi's und Feletti's mitgetheilt worden [2]).

Calandruccio hat das Experiment an sich selbst ausgeführt. Am 10. Dezember nahm er von einem Malaria-Patienten, der an Quartana — bald triplex bald simplex — krankte, 1 ccm Blut und

Behandlungen unterzogen und Monate und Jahre bereits fieberlos sind, von Rückfällen, die auf verschiedene Ursachen zurückzuführen, befallen werden: z. B. bei traumatischen Wirkungen bei Geburt (Cuzzi), bei Kindbett (Macario), bei Einwirkung eines Abführmittels (Torti), bei Aderlass (Ramazzini), bei einem ersten Bad (Hertz) etc. etc.

1) loc. preced. cit.

2) Grassi und Feletti. Nuova contribuzione allo studio della malaria. Bollet. Acc., Gioenia 25. I. 91.

injicirte sich dasselbe subcutan in den linken Arm. Während 17 Tagen, die auf die Injection folgten, befand er sich stets wohl, am 18. Tage wurde er von einem Anfall von Malariafieber getroffen. der sich eine gewisse Zeit hindurch mit dem Typus der Quartana — bald simplex, bald triplex — wiederholte. Der mikroskopische Blutbefund, der geraume Zeit hindurch immer genau aufgenommen wurde, bestätigte die Diagnose auf Quartana.

Calandruccio hatte niemals an Malaria gelitten, noch war er in Sumpforten gewesen. — Das Chinin brach sofort die Quartana. Als Calandruccio dann vollständig geheilt war, wollte er einige Zeit darauf wiederum an sich selbst ein anderes Experiment vornehmen. Er nahm von einem Patienten, der mit primitiver Malaria-Infection mit unregelmässigem Fieber befallen war, und in dessen Blut durch ein lang andauerndes, sehr genaues Studium nur die Halbmondformen festgestellt wurden, ca. 1 ccm Blut und injicirte sich dasselbe subcutan in den Arm. 15 Tage darauf wurde er von einem ersten Fieberanfall betroffen und dann von weiteren Anfällen, die aber ohne regulären Typus auftraten. Die Blutprüfung wurde methodisch wiederholt vorgenommen und liess neben endoglobularen Formen der kleinen Amöben die Halbmondformen erkennen. — Die Heilung von diesem Fieber erfolgte durch Chinin [1]).

Es ist natürlich, dass diese Versuche wegen der Strenge, mit der sie geführt wurden, frei von jedem Einwand sind, und sie verdienen ihrerseits besondere Beachtung.

Nach diesen Experimenten erschien auch die Arbeit Bein's [2]), aus der sich ergab, dass auch dieser Autor seit Mai 1890 Versuche zum selben Thema angestellt hatte und zwar in den Kliniken Leyden's und Senator's.

Er hat 8 Injectionen zum Versuch gemacht, in 4 derselben erhielt er ein vollständiges Resultat, in zwei war das Resultat

1) Dr. Calandruccio hat noch andere Versuche mit positiven Resultaten geführt. Seine vollkommenen Beobachtungen werden in Kürze veröffentlicht.

2) Bein. Aetiolog. und experiment. Beiträge zur Malaria. Charité-Annalen, XVI. Jahrgang.

nicht nachweisbar, in 2 war es negativ. Von den 4 positiven Fällen mit denen wir uns hier ausführlicher aus speciellen Gründen, die bei der Discussion der Fälle in Betracht gezogen werden müssen, beschäftigen, war in dem einen Venen-, in den andern drei subcutane Injection geübt worden: in den vier zweifelhaften bezw. negativen Fällen war durchweg subcutane Injection zur Anwendung gebracht worden. Die Incubationszeit schwankte zwischen 9 und 12 Tagen.

Von einer Patientin, die an Malaria mit tertianem Typus litt, nahm er 2 ccm Blut und impfte dieselben durch Venen-Injection einem Individuum ein, das niemals an Malaria gelitten hatte und sich im Hospital wegen eines andern Leidens (multiple Lymphosarcomatose) aufhielt. Nach 11 Tagen zeigte der Impfling ein Fieber, welches sich eine gute Zeit hindurch mit quotidianem Typus hielt, bis es mit Chinin geheilt wurde.

Von diesem Individuum, das so mittels Experiments mit Malaria von quotidianem Typus inficirt war, wurde während der Fieberperiode Blut genommen und zwei andern Individuen subcutan injicirt, die sich in der Klinik wegen chronischer Leiden befanden.

Neun Tage darauf wurden diese beiden Impflinge von Fieber befallen, das bei dem einen den primitiven tertianen Typus annahm, und bei dem andern zuerst den tertianen Typus (4 Anfälle) und dann den quotidianen Typus.

Gleichzeitig muss bemerkt werden, dass die mikroskopische Blutprüfung, so weit es sich um die Parasitenformen handelt, in beiden Objecten ein gleiches Resultat ergab, das auch dem der Impfquelle glich, die einem Patienten angehörte, der seinerseits mit Blut aus der Tertiana geimpft worden war.

Der 4. Fall bezieht sich auf einen Patienten, der sich z. Zt. in der Klinik aufhielt; derselbe wurde mit Blut geimpft, das von einem an Intermittens quotidiana (?) Leidenden genommen war. Nach 12 Tagen wurde Impfling von Fieber befallen, das den quotidianen Typus wieder zeigte. Die Blutprüfung liess in dem Impfling den injicirten ähnliche Formen erkennen, welche keine Abweichung von den Parasitenformen der an Tertiana kranken Patientin zeigte.

Die Resultate Bein's, obschon sie von dem Autor unter einem Gesichtspunkt, den wir nicht theilen, ausgelegt wurden, haben übrigens in derselben Weise grosses Interesse.

Bein fusst auf der Thatsache, dass man in Verfolg der Impfung mit Blut aus der Tertiana ein Fieber mit quotidianem Typus erhielt, und dass sich durch Impfung des Blutes dieses Individuums dann wieder der tertiane Typus und der quotidiane ergab, und kommt schliesslich zu dem etwas übereilten Schluss, dass man bei Benutzung einer Quotidiana als Impfquelle eine tertiana auslösen kann und umgekehrt. — Und somit sagt der Autor, würde der Satz Golgi's, der die verschiedenen Malaria-Parasitenarten als verschiedenen Fiebertypen entsprechend hinstellt, wenigstens in Hinsicht auf die Tertiana und die Quotidiana, nicht bestätigt; und dies um so mehr, es ist dies immer die Deduction Bein's, da eine Verschiedenheit der Parasitenformen bei den beiden Fiebertypen nicht constatirt wurde.

Es gibt nun aber in Wahrheit viele Einwände, die man Bein machen muss, und ich schliesse mich in allen Punkten den Ausführungen an, die in hervorragender Weise Mannaberg[1]) in seiner wichtigen Arbeit aufstellt.

Und thatsächlich muss man, da die Blutprüfung bei beiden Fiebertypen dasselbe Resultat ergab, genau in Erwägung ziehen, dass man es hier mit einer Tertiana zu thun hatte, die bald als Tertiana simplex, bald als Tertiana duplex auftrat, und dass nur zwei Generationen der tertianen Parasiten vorlagen, welche in ihrem Entwickelungsgang sich immer alternativ auswechselten und mit 24 Stunden Zwischenraum immer den beobachteten quotidianen Typus vollendeten.

Bei den in der klinischen Praxis beobachteten Fällen und auch oft bei durch Experimente erzeugter Malaria kann man sehr oft die Beobachtung machen, dass eine Quartana simplex in eine Quartana duplex oder triplex übergeht, oder dass eine Tertiana simplex eine duplex wird. Man weiss sehr wohl, dass in allen diesen Fällen der Parasit, der den Grundtypus erzeugt, ein ein-

1) Mannaberg. Die Malaria-Parasiten, Wien 1893, S. 76.

heitlicher ist, aber die Generationen desselben können zwei oder drei sein (zwei im vorliegenden Falle) und können ihren Entwickelungsgang immer in derselben Zeitspanne vollenden: so ändern sie also anscheinend die Grundform des Typus. —

Der Satz Golgi's würde somit durch die Beobachtungen Bein's nicht entkräftet werden, würde vielmehr immer mehr bestätigt werden. Wenn nun Bein hingegen gesehen hätte, dass eine Tertiana eine Quartana geworden wäre oder umgekehrt, dann hätten allerdings seine Bekundungen Werth gehabt. Und schliesslich ist es für jeden, der sich eine Zeit lang mit dieser Materie beschäftigt hat, vollkommen klar, dass die auf Experimente gestützten Forschungen Bein's wichtig sind und in ihrem Endresultat, das die Transmission des Fiebertypus behandelt, mit den anderen oben berichteten Resultaten gleich und analog sind.

Die Reihe der experimentellen Forschungen zu dem besagten Thema schliesst Baccelli[1]) selbst, unter dessen bewährter Leitung in der Klinik zu Rom die ersten Experimente unternommen wurden, durch welche die zweite Phase dieser Untersuchungen anfing, die den ersten Anstoss zur experimentellen Lösung der Frage von der Beziehung zwischen Fiebertypus und Malaria-Parasitenformen geben sollten.

Er impfte durch Venen-Injection Blut eines an Malaria tertiana mit dem Typus der Tertiana duplex Leidenden einem sich wegen eines chronischen Leidens in der Klinik befindlichen Individuum ein und erhielt bei diesem Patienten nach 6tägiger Incubation die Auslösung des tertianen Fiebers mit demselben Typus der Tertiana duplex, und er konnte im Blut des Impflings die beiden Generationen der tertianen Parasiten constatiren. Er impfte ferner Blut eines Individuums mit Quartana in einen anderen Patienten der Klinik, dem chronische Leiden anhafteten, und konnte bei demselben nach 12 Tagen ein Fieber erzeugen, das den quartanen Typus mit sechs charakterisirten Anfällen zeigte; nach diesen wurde Chinin verabreicht und das Fieber so gedämpft. Die Prüfung des Blutes des Impflings liess den Parasiten der Quartana erkennen.

1) Lavori del. V. Congresso di Medicina Interna, Ott. 1892.

Im ersten Fall war man sicher, dass der Patient an Tertiana durch primitive, reine Infection litt, da man lange Zeit hindurch den Fiebertypus verfolgt hatte und auch gleichzeitig sorgfältig die Blutprüfung vorgenommen hatte. In diesem Falle entsprach dem Fiebertypus der Tertiana duplex ein Befund von zwei Generationen des Parasiten der Tertiana, die methodisch studirt wurde.

Im andern Falle war das Individuum, das seit kurzer Zeit an Quartana litt, Monate früher an Malaria mit tertianem Typus krank gewesen und war von diesem Leiden wieder geheilt worden. War schon dies kein Fall von primitiver Malaria-Infection, so war doch vorauszusetzen, dass der Patient von der ersten Infection mit tertianem Typus geheilt war. Und dieser Fall ist von grosser Wichtigkeit, denn er reproducirt natürlich, was schon auf experimentellem Wege gemacht wurde und bestätigt, dass ein und dasselbe Individuum an Malaria-Infection mit einem bestimmten Typus erkranken kann, um dann einer Malaria-Neuinfection zum Opfer zu fallen mit anderen Parasiten, die dann einen dem ersten nicht gleichen Fiebertypus geben.

Hier glauben wir nun, gestützt auf unsere hier wiedergegebenen Erfahrungen und ausgerüstet mit den Belegen, die von anderen Autoren in dieser letzten Zeit durch Versuche gegeben wurden, gegenüber den Schwierigkeiten, welche die verschiedenen Auslegungen bieten, unsere Anschauungsweise zu der bis auf den heutigen Tag von berühmten Forschern so lebhaft erörterten Frage ausdrücken zu können, hinsichtlich des Vorhandenseins der Unität oder Multiplicität von Malaria - Parasiten und hinsichtlich der Beziehungen zwischen den Parasitenformen und dem Fiebertypus.

Und unzweifelhaft musste diese Frage die verschiedenen Phasen durchmachen, die das Studium der Malaria erfahren hat, und die Lösung der Frage musste, mögen auch hierüber andere Ansichten vorliegen, zum grossen Theil auf experimentelle Versuche gestützt sein.

Die Versuche zum vorliegenden Thema können wir als zu zwei Perioden gehörig trennen; eine erste Periode, reichend von

1884 bis 1889 und eine zweite Periode von 1889 bis zum heutigen Tag. Man sieht, dass in der ersten Periode, wo die Namen Gerhardt, Mariotti und Ciarocchi, Marchiafara und Celli, Gualdi und Antolisei figuriren, die Forscher in Anbetracht der Schwierigkeit, eine Kenntnis der Aetiologie der Malaria zu erlangen, nur sehr begrenzte Resultate erhielten; aber sie bereiteten das Feld zur Lösung der oben bezeichneten Frage vor.

In der zweiten Periode, von 1889 an, figurirt in erster Linie die zweite Reihe der Versuche der klinischen Schule zu Rom, welche den Beginn der neuen Phase einleiten, die mit den Versuchs-Experimenten Baccelli's selbst abschliesst.

Gualdi, Antolisei und Angelini konnten sich erst nicht entschliessen, die Ansichten Golgi's anzunehmen; sie wurden dann später Verfechter dieser Ansichten und theilten Versuche mit, die, dank der bei ihrer Ausführung beobachteten Genauigkeit, zu wichtigen Schlüssen führten, die von den Verfechtern des Gedankens eines einzigen und polymorphen Parasiten angenommen wurden, zunächst allerdings mit Rückhalt.

Es folgen dann meine fünf Beobachtungen, von denen sich zwei auf Individuen beziehen, die schon an Malaria mit verschiedenem Fiebertypus litten; es folgen die weiteren Versuche Calandruccio's, diejenigen Bein's und die Baccelli's zu demselben Thema; hiermit schliesst die Reihe der experimentellen Versuche, und diese beseitigen nach unserer Meinung jeden Zweifel hinsichtlich der Auslegung von bestehenden Beziehungen zwischen den verschiedenen Malaria-Parasitenarten und den verschiedenen Fiebertypen.

Wir glauben, dass es nützlich sei, alle die Versuche, die die beiden Perioden der experimentellen Frage der Malaria umfassen, in Tabellen aufzuführen und nach der Folge der Zeiten zu classificiren.

I. Periode experimenteller Impfung mit Malariablut. (1884—1889.)

Nr.	Jahreszahl des Experiments	Autor	Individuum-Impfquelle: Parasitenformen im Blut	Individuum-Impfquelle: Fiebertypus	Injections-Art	Incubation in Tagen	Individuum-Impfling: Parasitenformen im Blut	Individuum-Impfling: Fiebertypus	Bemerkungen
1	1884	Gerhardt	—	Quotidiana	subcutan	7	—	Irregularis, dann Quotidiana	Es fehlt die Prüfung des einzuimpfenden bezw. eingeimpften Blutes u. die Blutprüfung bei den Impflingen.
2	1884	do.	—	do.	do.	12	—	Quotidiana	
3	1884	Mariotti u. Ciarocchi	verschiedene Scissionsformen, pigmentirte u. sichelförmige	Quotidiana u. Tertiana duplex	subcutan u. Venen-Inj.	—	pigmentführende Formen	—	Versuche unter der Leitung von Marchiafava und Celli.
4	1884	do.	do.	Zwischentypus, Tertiana duplex, Quotidiana	Venen-Inj.	—	do.	—	Wegen d. Wiederholung der Injectionen ist es schwer, die Dauer der Incubation und den Fiebertypus zu bestimmen.
5	1884	do.	Sichelformen	Quotidiana Irregularis	subcutan u. Venen-Inj.	—	Scissionsformen	—	
6	1884	do.	pigmentführende Körper, Scissionsformen, sichelförmige Körper	do.	do.	—	—	—	
7	1885	Marchiafava u. Celli	pigmentirte Formen, Sichelformen	do.	Venen-Inj.	—	—	unbedeutende Erhöhungen	
8	1886	do.	—	Quotidiana	do.	2-3	endoglobulare Scissionsformen	andauerndes Fieber	
9	1889	Gualdi u. Antolisei	Formen in endogener Reproduction mit Pigmentanhäufung gegen das Centrum	Quartana (?)	do.	10	kleine lebhafte Amöben ohne Pigment, später Sichelformen	Quotidiana, Tertiana Irregularis: unbestimmter Typus	Für das Individuum, das als Impfquelle diente, bestanden viele Zweifel hinsichtlich Reinheit des Falles.
10	1889	do.	do.	do. (?)	do.	12	Amöben, nicht pigmentirt u. pigmentirt, klein u. gross, oder reife Formen	leicht und irregulär	
11	1889	do.	Scissionsformen	do.	do.	15	—	Quartana	Patient verliess nach der Inject. d. Hospital. Die Nachricht üb. d. Fiebertypus werden d. behandelnden Arzt verdankt. Es fehlt die Blutprüfung.

II. Periode experimenteller Impfung mit Malariablut. (1889—1892.)

Nr.	Jahreszahl des Experiments	Autor	Individuum-Impfquelle: Parasitenformen im Blut	Individuum-Impfquelle: Fiebertypus	Injections-Art	Incubation in Tagen	Individuum-Impfling: Parasitenformen im Blut	Individuum-Impfling: Fiebertypus	Bemerkungen
1	1889 Sept.	Antolisei u. Angelini	lebhafte Amöben, ohne u. mit Pigment, erwachsene Formen	Tertiana	Venen-Inj.	11	gleich den eingeimpften	Tertiana, dann Quotidian	DieTertiana simplex wurde Tertiana duplex.
2	1889 Sept.	do.	do.	do.	do.	11	do.	Irregularis, dann Tertiana	
3	1889 Nov.	Gualdi u. Antolisei	Formen des quartanen Parasiten	Quartana	do.	12	do.	Quartana	
4	1889 Nov.	do.	Sichelformen	Irregularis	do.	13	amöboide Formen ohne Pigment, hernach Sichelformen	Irregularis	
5	1890—91	Di Mattei	die bekannten Formen des Parasiten der Quartana	Quartana	subcutan	17	gleich den eingeimpften	Quartana	
6	1890—91	do.	do.	do.	do.	11	do.	do.	
7	1890—91	do.	Sichelformen und endoglobulare, pigmentlose Hämamöben	Irregularis	do.	15	gleich den eingeimpften, zuerst Hämamöben, dann Sichelform.	Irregularis	
8	1890—91	do.	Sichelformen	do.	Venen-Inj.	16	gleich den eingeimpften	do.	Der Impfling war schon an Quartana leidend u. wurde sichelförmig mit unregelmässigem Fiebertypus.

Nr.	Jahreszahl des Experiments	Autor	Individuum-Impfquelle: Parasitenformen im Blut	Individuum-Impfquelle: Fiebertypus	Injections-Art	Incubation in Tagen	Individuum-Impfling: Parasitenformen im Blut	Individuum-Impfling: Fiebertypus	Bemerkungen
9	1890—91	Di Mattei	die Formen des Parasiten der Quartana	Quartana	Venen-Inj.	15	gleich den eingeimpften	Quartana	Impfling hatte Sichelformen im Blut u. bekam Quartana. Verschwinden der Sichelformen nach der Impfung.
10	1890—91	Calandruccio	die Parasiten der Quartana	do.	subcutan	18	do.	Quartana simplex od. triplex	Der Autor machte die Impfversuche an sich selbst.
11	1890—91	do.	Sichelformen	Irregularis	do.	15	do.	Irregularis	
12	1891	Bein	Parasiten der Tertiana	Tertiana	Venen-Inj.	10	do.	Tertiana mit quotidianem Typus	Der Autor impfte Tertiana ein und erhielt Auslösung von Quotidiana (Fall 12); darauf impfte er diese letzte ein (und zwar in den Fällen 14 und 15) und stellte jetzt Tertiana her oder Tertiana, die Quotidiana wurde. Augenscheinlich hat der Autor nicht beachtet, dass die quotidianen Fälle nur solche von Tertiana duplex waren.
13	1891	do.	do.	Tertiana mit quotidianem Typus	subcutan	12	do.	do.	
14	1891	do.	do.	do.	do.	9	do.	Tertiana, zunächst simplex, dann mit quotidianem Typus	
15	1891	do.	do.	do.	do.	9	do.	Tertiana simplex	
16	1892	Baccelli	Parasiten der Quartana	Quartana	Venen-Inj.	12	do.	Quartana	Impfquelle hatte an Tertiana gelitten und genas; später erkrankte er an Quartana.
17	1892	do.	Parasiten der Tertiana	Tertiana duplex	do.	6	do.	Tertiana duplex	Unter allen sorgfältig studirten Fällen der einzige, der ein kurzes Incubationsstadium zeigte.

Wie aus den beiden Tabellen erhellt, liegen im Ganzen 28 Versuche vor, nämlich 11, die in der ersten Periode der Unklarheiten geführt wurden und denen sehr wenig Rechnung getragen werden darf, und 17, die sehr gute Erfolge zeitigten, da sie mit aller wissenschaftlichen Strenge in der zweiten Periode geführt werden konnten.

Diese 17 Versuche, in denen wohl bestimmte Malaria-Parasitenformen, die sich in dem Blute eines mit wohlbekanntem Typus behafteten Malariakranken befanden, immer den Fiebertypus wieder reproducirten, und zwar mit dem Vorhandensein der entsprechenden Parasitenformen im Blut des Impflings, theilen sich in:

7 Fälle von Tertiana, welche im Versuchsobject als Tertiana, bald als simplex, bald als duplex, auftreten.

6 Fälle von Quartana, welche im Versuchsobject als Quartana, bald als simplex, bald als duplex, bald als triplex auftreten,

4 Fälle von unregelmässigem Fieber mit Laveran'schen Formen, die im Versuchsobject als unregelmässiges Fieber mit Laveran'schen Formen wieder auftraten.

Wir fussen auf diese Experimente — in diesen wurde Tertiana wieder Tertiana und blieb es für lange Zeit, ohne sich je in einen andern Grundtypus zu verändern; in diesen wurden aus der Quartana und aus dem unregelmässigen Fieber (durch Laveran'sche Formen) wieder Quartana und unregelmässiges Fieber und blieben dies auch lange Zeit hindurch, und zwar immer mit dem beständigen Vorhandensein der resp. Parasiten — und wir glauben, dass der systematische Gedanke Laveran's[1]) von einem einzigen Parasiten, der in reiner Entwickelung polymorph wird, nicht mehr Geltung haben kann. Und das um so mehr, wenn man beachtet, dass die von mir beobachteten Fälle, diejenigen Calandruccio's, diejenigen Grassi's und Feletti's beständig und aufmerksam lange Zeit hindurch, Monate und Jahre, verfolgt wurden.

1) Laveran. »Le Parasite est unique mais son évolution est variable.« Du paludisme et de son hematozoaire. Paris, Masson 1891.

Gegenüber den von mir berichteten Fällen — in diesen wurde in dem einen Falle einem Malaria-Patienten mit Quartana-Infection Blut mit Sichelformen, das einem an unregelmässigem Fieber Leidenden entzogen war, eingeimpft, und der Impfling hörte auf, den quartanen Typus zu zeigen, die Formen der Quartana in reinem Blut schwanden, es traten die eingeimpften Sichelformen auf und der entsprechende Fiebertypus; in dem andern Falle wurde einem Patienten, der sichelförmige Parasiten im Blut führte, Blut eines an Quartana Kranken eingeimpft, und bei dem Impfling wich das unregelmässige Fieber und die Sichelformen schwanden aus dem Blut, während er jetzt von Fieber mit quartanem Typus befallen wurde und auch in reinem Blut den entsprechenden Parasiten aufwies; — gegenüber diesen von mir berichteten Fällen glauben wir mit Recht, dass man nicht mehr von einer Einheit der Malaria-Parasiten, von einer Umgestaltung oder Wandlung einer Form in eine andere sprechen kann, da die vorgenannten Fälle die vollkommene Unabhängigkeit der einzelnen Formen voneinander beweisen.

So lange, wie auch Mannaberg[1]) glaubt, keine klaren Fälle vorliegen, die zeigen, dass eine Tertiana mit ihren resp. Parasiten eine Quartana geworden oder umgekehrt, glauben wir, dass die Frage von der Wandlung einer Form in eine andere schweigen muss, da sie ungerechtfertigt, ohne Beleg bleiben würde. Und nach dem, was wir von unseren Versuchen gemischter Infectionen und von denen Bein's sprechend, gesagt haben, glauben wir nicht, dass Laveran[2]) ferner noch stichhaltige Argumente und starke Versuche hat, um seine Behauptung zu beweisen, dass »chez un même individu, on voit souvent le tipe de la fièvre se modifier«.

Auch können wir mit ihm nicht übereinstimmen, wenn er in seiner Beweisführung, die den Gedanken des Polyphormismus stützen soll, sagt, »dass die morphologischen Eigenschaften, die zwei, drei oder fünf Arten von Hämatozoen zugeschrieben werden, die Erkenntnis einer jeden dieser Arten in ihren verschiedenen

1) Mannaberg. l. c.

2) Laveran. Paludisme, Paris 1892, Masson.

Entwickelungsphasen zu begründen nicht ausreichend seien.« Auch erscheint es zudem, dass die Argumente Celli's und seiner Schule hinsichtlich der Meinung von dem Polymorphismus des Parasiten Raum für begründete Einwände geben.

Bei den drei von Celli und Marchiafava berichteten Fällen, in denen sich die Sommer-Herbst-Fieber während des Winters in Tertiana mit dem Parasiten der Tertiana umgestalteten, kann eine Neuinfection nicht als ausgeschlossen gelten, da die Kranken das Hospital verliessen und wahrscheinlich in Orte gegangen sind, wo sie sich von Neuem inficiren konnten.[1])

Uebrigens gibt auch die Klinik ihren wichtigen Beitrag für manche Fragen und sie hat hinsichtlich der Malaria-Frage bereits ganz klare Gesetze aufgestellt.

Es hat nun der bewährte Lehrer Trousseau[2]) ausgesprochen, dass der Fiebertypus sich mehr nach der Natur des Miasma zu richten scheint oder, besser gesagt, mehr nach der Gegend, die die Infection herbeiführt als nach den dem einzelnen betroffenen Individuum eigenen Conditionen; im Widerspruch zu dem was andererseits Plehn glaubt[3]), dass die individuelle Veranlagung der Kranken und die Reaction der im Organismus vorhandenen Zellen einen Einfluss auf den Fiebertypus haben.

Aber noch hat man keinerlei Kenntnis hinsichtlich der Thatsache, dass der menschliche Organismus die Morphologie und die Biologie eines Parasiten wandeln kann.

Uns scheint vielmehr, dass es nunmehr Laveran[4]) und seinen Anhängern übrig bleibt zu zeigen, um eben den Beweis für die Einheit des Parasiten und seine polymorphe Entwickelung und für die individuelle Veranlagung, von der Plehn spricht,

---

1) Celli und Marchiafava. Il reporto del sangue nelle febbri malariche invernali. Bull. dell Acad. Med. di Roma. Annal. XVI, 1889—90. — Sulle febbri malariche predominanti nell' estate e nell' autunno in Roma.

2) Trousseau. Clinique médical. 7e edit., Vol. III.

3) Plehn. Beitrag zur Lehre von der Malaria-Infection. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VII. Zur Aetiologie der Malaria. Berl. klin. Wochenschr., 1890. Aetiologische und klinische Malariastudien, Berlin 1890, s. Hirschwald.

4) Laveran, l. c. Des Hematozoaires du paludisme. Annales de l'Institut Pasteur, 1887.

zu geben, wie und warum sie in einigen Malariaorten immer hervorspringende Malariaformen finden, die einen beständigen Fiebertypus annehmen und für eine längere Zeit immer dieselben bleiben, während wir in anderen Orten Malaria-Parasiten finden, welche sehr schwere und unregelmässige Fieber verursachen; thatsächlich wurden zu Gebbia Liberto, einer Ortschaft in der Nähe von Fiumefreddo (Sicilien), alle Malariakranken von Fieber mit quartanem Typus befallen (Calandruccio); zu Wien leiden in jeder Jahreszeit alle Malariakranken an Tertiana und Quartana, aber niemals an Fieber mit Halbmondformen (Mannaberg), während in der Umgebung Wiens andererseits sehr häufig und in grosser Anzahl Fälle von sehr schwerer Malaria mit Halbmondformen vorkommen und vornehmlich solche, die aus Dalmatien und aus der Herzegowina stammen (Mannaberg); zu Tours bemerkt man nur Fälle von Terzana; zu Saumur, das doch gleichfalls am linken Ufer der Loire gelegen ist, herrscht ausschliesslich Quartana und die Fälle von Quartana, die in Tours beobachtet wurden, stammen aus Saumur, und die Fälle von Tertiana, die zu Saumur constatirt werden konnten, haben ihren Ursprung in Tours (Trousseau[1]) und so geht es fort für andere Ortschaften.

Das lässt naturgemäss auf eine verschiedene Vertheilung der Malaria-Parasiten schliessen, wie Grassi und Feletti für die Parasiten der Frösche es auch beobachtet haben; doch mit dem Hinweis auf den Polymorphismus würde es vollständig unerklärt bleiben, wie ein Parasit, der in Dalmatien, in Italien polymorph ist, dies zu Wien nicht sein sollte, sondern sich dort nur immer in einer und derselben Gestalt zeigt (Mannaberg).

Wir können zugeben, bis zu einem gewissen Punkte, dass die kosmisch-tellurischen Verhältnisse, das Klima, die Jahreszeiten, Feuchtigkeit und Temperatur mehr oder weniger die Ausbreitung dieser oder jener andern Species oder Varietät unterstützen können,

1) Trousseau erzählt, dass einst 14 Soldaten von Saumur nach Tours marschirten und nach einigen Tagen 9 derselben, alle an Malaria mit quartanem Typus, erkrankten. Sie hatten sich das Fieber zu Saumur geholt und wurden zu Tours geheilt, wo gerade damals Tertiana herrschte. (Clinique Médic. l. c.).

wie auch ein Nährboden selbst oder eine bestimmte Gegend einen Einfluss auf die Ausbreitung dieser oder jener andern Mikroorganismen-Species ausüben kann; aber in allen diesen Momenten erblicken wir nur Argumente, die mehr den Gedanken von der Vielheit und der Verschiedenheit der einzelnen Species voneinander als den von der Einheit der Parasiten unterstützen: wir erblicken Argumente, die, während sie sich mit der Verschiedenheit der Species erklären lassen, doch wenig zu dem Polymorphismus eines einheitlichen Parasiten passen. — Auch ist ja schon ein Beweis die Thatsache, dass gleichzeitig mit den Sommer-Herbst-Fiebern auch Fälle von sogenanntem Frühlings-Fieber auftreten.

Wir sehen beim Studium der Malaria-Parasiten, dass jede Form ihren Kreislauf für sich hat, dass sie entsteht, wächst, sich vervielfältigt, dass die unterschiedlichen Merkmale zwischen den einzelnen Arten nicht weniger bemerkenswerth sind als die zwischen vielen Amöbenarten und bemerkenswerther als die zwischen den verschiedenen Bacterienarten; wir sehen, dass diese Parasiten, auch von der biologischen Seite aus betrachtet, z. B. gegen einige Arzneimittel ein durchaus verschiedenes Verhalten haben: wir wissen, dass in dem weiten Gebiet der Bacteriologie Individuen vorkommen, die morphologisch zunächst nicht voneinander zu scheiden sind, die aber nachher durchaus voneinander verschieden sind, und dass hier Arten vorkommen, deren Form nur einen ganz geringen specifischen Werth hat, die sich vielmehr allein durch ihre biologischen Eigenschaften unterscheiden: wir müssen schliesslich bedenken, dass der Monomorphismus in der Natur die Regel ist, der Polymorphismus die Ausnahme — und da sehen wir keinen Grund, warum man diese Argumente übergehen sollte, die im Widerspruch zu einer philogenetischen Theorie stehen, die sich in das Gebiet von sehr hypothetischen Discussionen erstrecken würde [1]).

1) Wir wollen auf die Arbeit Grassi's und Feletti's und die nicht weniger wichtige Mannaberg's, beide hier erwähnt, diejenigen verweisen, welche den Wunsch haben, ausführlicher und in einer Art, die bei den vorliegenden Versuchen nicht angebracht war, die Frage, ob Polymorphismus und Einheit oder Vielheit der Malaria-Parasiten, behandelt zu sehen.

Wir nun, gestützt auf unsere Versuche und die der andern, bestätigen, was wir zum Theil schon in der vorbereitenden Schrift vom Jahre 1891 vorgeführt hatten, und was, wie wir sehen, neuerdings auch Mannaberg zur Basis seiner ausgedehnten, mit grosser Sorgfalt und grosser kritischer Schärfe geführten Beobachtungen genommen hat, und theilen die gleichzeitigen Ansichten Grassi's und Feletti's etc.; wir sind somit der Ansicht:

Dass die Malaria-Parasiten sich in verschiedene Species scheiden, obwohl in einigen Stadien sich dieselben in morphologischer Hinsicht nähern; dass jede Species für sich einen eigenen biologischen Kreis hat; und dass niemals eine Art übergeht oder sich wandelt in eine andere.

Dass zwischen den verschiedenen Arten der Malaria-Parasiten und den Fiebertypen ein unverwischbares Abhängigkeits-Verhältnis besteht, da die einen als Ursache, die andern als Effect anzusehen sind; dass sich somit auch ein Fiebertypus nicht in einen andern wandelt, da er ja doch von einer Parasitenart, die für sich besteht, verursacht wird.

Dass bei den Malaria-Fieber-Formen, wo ein Grundtypus fehlt, man oft, mit so zu sagen unreinen Fällen, mit Mischfällen rechnen muss, mit Individuen, deren Organismus zur gleichen Zeit von verschiedenen Arten von Malaria-Parasiten durchdrungen ist.

Zweiter Theil.

Ueber experimentelle Malaria-Infection an Thieren und Blutparasiten der Vögel.

I.

Wenn man die Aetiologie einer ansteckenden Krankheit studiren will, so muss man, wie man weiss, unter anderem mittels des pathogenischen, für specifisch erachteten, isolirten und in verschiedener Weise cultivirten Agens oder mit Hülfe von dasselbe enthaltenden, von aussen oder aus dem Körper des kranken Menschen stammenden Stoffen, in den Thieren und unter bestimmten Bedingungen auch in Menschen einen Krankheitszug mit Symptomen und anatomischen Läsionen, die der Infection selbst charakteristisch sind, wiedererzeugen.

Wie dies nun geschehen ist bei jener Reihe von Infectionskrankheiten, welche die Wissenschaft endgültig entschieden hat, so gleicher Weise, aber nicht mit demselben Erfolg geschah es bei der Malaria-Infection, wo trotz zahlreicher Versuche der Ausgang bei den Thieren nicht ermuthigend gewesen ist.

Freilich stand dies weiteren Studien nicht im Wege und konnte die fieberhafte Arbeit bei Aufsuchung der Aetiologie besagter Infection nicht aufhalten, da nun einmal die experimentale Pathologie und die menschliche Erfahrung erhärtet hat, dass einige Thiergattungen von Krankheiten, denen andere ausgesetzt sind, nicht befallen werden, und dass viele Infectionen des Menschen bei den Thieren und umgekehrt nicht spontan vorkommen.

Die experimentellen Veränderungen, welche die bestrittene Frage der Malaria-Infection bei Thierversuchen begleitet haben, sind von nicht geringer Wichtigkeit gewesen; und in einem Werke, wie dem vorliegenden, das sich speciell mit diesem Gegenstand beschäftigt, dürfte es wohl am Platze sein, wenigstens an die hervorragendsten, in verschiedenen Zeitabschnitten, unter dem Einfluss des jedesmaligen wirklichen Standes der Kenntnisse angestellten Untersuchungen zu erinnern.

Auf die Studien von Salisbury[1]) und Balestra[2]), welche mit den von ihnen beschriebenen Algen, der Palmella und der Alga filamentosa keine Versuche machten, die Intermittens der Thiere durch Einführung genannter Algen in deren Organismus hervorzurufen, folgen diejenigen von Lanzi und Terrigi[3]), die sich durch sechs Jahre hinzogen. In Folge dieser Studien, während deren die Monilia pennicillata, eben erst von ihnen entdeckt, ihren Posten dem vegetalen Leichenproduct überliess, führten die Autoren eine Reihe von Thierversuchen aus. Sie brachten Hunden intravenose und hypodermische Injectionen mit dem Schlamm von Ostia bei, hatten aber nur ein

---

1) Salisbury. The american Journal of the Med. Scient., 1886.

2) Balestra. Arch. di Med. Chirurg. ed Igiene a Roma, 1869. Ricerche ed experimenti sulla natura e genesi del miasma palustre. Roma 1877.

3) Lanzi e Terrigi. Il miasma palustre e il clima di Roma. Accad. Med. Roma 1886.

negatives Resultat, während andere Experimente von hypodermischen mit demselben Schlamm, aber an Meerschweinchen vorgenommenen Injectionen und noch andere, wo man Meerschweinchen in Atmosphären versetzte, wo sie die Ausdünstungen des vorberegten Schlammes einathmeten, den Tod der Thiere ergaben. Und so folgerten die Autoren aus der schwarzen Pigmentation der Milz, wie sie dieselbe bei den genannten Thieren beobachtet hatten, und hin und wieder aus der Erhöhung der Temperatur, ihnen sei es zuerst gelungen, auf dem Wege des Experiments die Malaria-Infection in den Thieren zu erzeugen.

Um dieselbe Zeit stellten auch Antonio Selmi[1]) und Franchi[2]) bei Meerschweinchen und Kaninchen Versuche an, indem sie den Miasma-Virus auf verschiedene Weise an sumpfigen Orten sammelten, hypodermisch einimpften und Temperaturveränderungen mit Merkmalen von Fieberanfällen erlangten, die sie für Malariafieber hielten.

Das Jahr darauf gab Griffini[3]) für die entstehende Frage seinen Beitrag an Versuchen durch Einimpfungen von in Sümpfen und auf Reisfeldern gesammeltem Thau in Kaninchen und Hunden. Dieser Thau, der eine unendliche Menge von Bacterien enthielt, in einer Menge von 75 bis 100 ccm in die Venen der Hunde eingespritzt, brachte schnelle, vorübergehende Temperaturerhöhungen von keiner Bedeutung hervor, bei den Kaninchen hingegen den Tod bald mit Zu-, bald mit Abnahme der Temperatur, aber ohne charakteristische Läsionen in den innern Organen.

Im Jahre 1879 jedoch änderte sich die Adresse der Experimental-Untersuchungen vollständig in Folge der Studien von Klebs und Tommasi-Crudeli[4]), welche, in dem Glauben, sie hätten gezeigt, wie die Aetiologie der Malaria-Infection einem von ihnen an sumpfigen Orten aufgefundenen Bacillus gebühre,

1) Selmi Antonio. Relazione sulla Malaria al Congresso di Firenze 1869.

2) Selmi e Franchi. Riso e Risaje. Lezioni di chimica agraria ed igiene rurale, Milano 1875.

3) Griffini. Esperienze ed osservazione sulla Rugiada dei luoghi miasmatici. Bollet. Crittog. Milano 1874.

4) Klebs e Tommasi-Crudeli. Studi sulla natura della Malaria, Lincei 1879.

mit ansteckenden Stoffen der Pontinischen Sümpfe, mit dem Schlamm von Caprolace, den Züchtungen des in genanntem Schlamm und in der Luft von Ninfa und Fogliano angetroffenen Bacillus, sumpfigen Terrains des Agro romano u. s. w. eine lange Reihe gehörig ausgearbeiteter Versuche einrichteten. Die an den Kaninchen gemachten Versuche riefen in diesen Thieren wahre Anfälle von Fieber und derartige anatomisch-pathologische Läsionen hervor, dass sich die vorbenannten Autoren zu der Annahme veranlasst sahen, man könne in den Thieren die Malaria-Infectionen künstlich erzeugen und zwar in denselben Formen, wie sie in der Pathologie des Menschen bekannt sind, und diese künstlich hervorgerufenen Malaria-Affectionen würden von Organismen hervorgebracht, die sich in dem Boden malarischer Terrains finden.

Zur Bekräftigung obiger Untersuchungen kamen zu rechter Zeit die Experimente von Marchiafava und Cuboni[1]), welche die Frage studirten, ob die Malaria-Infection mittels Malariablutes vom Menschen auf die Thiere übertragbar wäre. Die Versuche wurden hauptsächlich an Hunden vollzogen. Die Einführung des Blutes von Malariakranken in den Organismus der Thiere geschah mit Injectionen defribinirten Blutes auf dem subcutanen Weg, durch Transfusion in das Darmfell und Injectionen in die Luftröhre. Sie fanden die Injectionen unter der Haut bei Hunden unwirksam, hielten aber die anderen, mit deren Hülfe sie Fieberaccesse erlangten, für wirksam. So erachteten sie vermöge dieser zweiten Versuche die Uebertragung der Malaria-Infectionen vom Menschen auf das Thier vermittels des Blutes, wo sie beständig die Anwesenheit des specifischen Agens bekräftigt hatten, für wahrscheinlich.

In Folge der obengenannten Studien und wegen des berühmten Namens der Autoren herrschte ein grosser Streit.

In der That, ohne Rechnung abzulegen über die neuen Untersuchungen von Antonio Selmi[2]), womit er seine alten

---

1) Marchiafava e Cuboni. Nuovi studi sulla natura della Malaria. Accad. Lincei 1880—81.

2) Selmi Antonio. La malaria e miasma palustre. Civita vecchia 1882.

Untersuchungen, die übrigens ebensowenig wie jene irgend welchen ernsten Grund hatten, obgleich sie ausschliesslich die Bekämpfung der Entdeckung des Bacillus und der mit ihm erzielten Resultate bezweckten, zu erhärten beabsichtigte, erinnern wir nur daran, dass die vorerwähnten Versuche von Vielen, aber mit entgegengesetzten Resultaten wiederholt wurden.

De Renzi[1]) in Genua unternahm viele Experimente an Hunden, Kaninchen und Meerschweinchen und erhielt, indem er auf verschiedene Weise (Luftröhre, unter der Haut, Peritonealhöhle) Malariablut, das einem Individuum in der Periode des Fieberschauers entnommen war, überimpfte, in Kaninchen und Meerschweinchen eine sehr leichte, kurz dauernde Temperaturzunahme von wenigem Belang, während bei Hunden dieselbe einen höheren Grad erreichte, der aber nicht lange andauerte. Man kann also von wirklichen Intermittens-Anfällen nicht reden, da die Zunahme um einige Zehntel Grad auf die Wirkung des Trauma zurückzuführen ist. Eine Prüfung des Blutes fand übrigens gar nicht statt.

Orsi[2]) in Pavia erhielt bei Wiederholung der Versuche an Thieren, nämlich Hunden und Kaninchen, denen er Blut von Malariakranken, bei dessen Untersuchung er niemals auf den Bacillus stiess, injicirte, vollkommen negative Ergebnisse.

Und während andere Kliniker, wie De Giovanni in Padua und Rummo in Neapel zu denselben Resultaten wie Orsi gelangten, indem sie mit subcutanen und intraperitonealen Injectionen bei denselben Thieren im Blute dieser nie den gesuchten Bacillus constatiren, noch wirkliche Fieberaccesse bemerken konnten, — kam im Gegentheil Ceci[3]) im Laboratorium von Klebs in Prag, wo er seit dem Jahre 1880 an dem Gegenstand arbeitete, zu vollständig entgegengesetzten und den ersten von Marchiafava und Cuboni und von Klebs und Tommaso-Crudeli gleichförmigen Resultaten. Durch Injection von Gespül aus malarischen Gegenden erzielte er bei Kaninchen heftige Fieber,

1) De Renzi. Lezioni di Patologia speciale medica. Vol. III.

2) Orsi. Curiosità cliniche. Gazzetta medica Italiana. Provincia Lombarda 1881.

3) Ceci. Arch. für experim. Path. und Pharmak., 1882.

die deutlich die Form der Intermittens hatten, und gelangte auch zu denselben Resultaten, als er Gelatinezüchtungen von in Malaria-Gegenden enthaltenen Mikroorganismen injicirte. Die Läsionen der Organe und insbesondere der Milz erinnerten, dem Autor zufolge, an die typischen Läsionen der Malaria-Infection.

Silvestrini[1]) war aber nicht so glücklich wie Ceci, obschon er in seinen Untersuchungen eine fast gleiche Richtung befolgt hatte. Silvestrini prakticirte mit verschiedenen Mengen von in der Athmosphäre stark sumpfiger Orte aufgegangenem Thau bei mehreren Thieren (Hunden, Kaninchen) subcutane und peritonale Injicirungen, aber immer mit negativem Erfolg; später wiederholte er die Experimente an denselben Thieren mit Spülicht aus Malaria-Gegenden; das Ergebnis war ein mit dem ersten identisches[2]).

Im nämlichen Jahre stellte Laveran[3]) in Constantine auf Grund der Untersuchungen von Klebs, Tommasi-Crudeli und Ceci Versuche zu dem Zweck an, mittels venöser Injectionen mit den Sumpfterrains eigens bereiteter Flüssigkeiten (nach der Methode der vorgenannten Autoren) das Sumpffieber in den Kaninchen hervorzurufen. Die Injection dieser oder in Wasserbrunnen sumpfiger Localitäten gesammelter Flüssigkeiten in die Venen, rief auf leichte Weise einen Fieberanfall im Kaninchen hervor, der sich aber nicht wieder erzeugte, so dass das Thier bald wieder hergestellt war und im Fall seiner Tödtung keine Malaria-Alteration merken liess.

Ein Jahr später brachte Chassin[4]) die Experimente über den fraglichen Gegenstand wieder zur Sprache und stellte selbst vergleichende Untersuchungen mit Sumpfwasser und gewöhnlichem Wasser an. Und während er durch erstere die Ergebnisse von

1) Silvestrini. Sul miasma malarico. Gazetta medica Italiana, 1883.

2) Versuche von Impfungen mit Thau und Spülwasser aus Malaria-Gegenden wurden von Silvestrini auch an Menschen angestellt, jedoch mit negativem Ausgang.

3) Laveran. De la nature parasitaire de l'impaludisme. Acad. des Sciences, 1882. Traité des fièvres palustres, 1884. Paris.

4) Chassin. Sur l'inventation de la fièvre intermittente. Thèse. Paris 1885.

Laveran bestätigte, konnte er auch erhärten, dass bei Kaninchen selbst einfach mit venösen Injectionen von gewöhnlichem Wasser analoge Fieberaccese, wie die ersteren mit Sumpfwasser zum Vorschein kommen können.

Mitten in diesem Wirrwar von einander widersprechenden Resultaten erschienen einige Nachforschungen von Schiavuzzi [1]), auf die der Autor später wieder zurückkam durch Ausdehnung auch auf Thierversuche, wodurch er sie bekräftigte; aber in Folge dieser Untersuchungen machte die Frage eher Rück- als Fortschritte. Schiavuzzi isolirte in der Luft, im Wasser und in den Sumpfterrains von Pola in Istrien, einen dem des Klebs und des Tommasi-Crudeli ähnlichen Bacillus, impfte ihn subcutan den Kaninchen ein, welche in Folge der Impfungen Anfälle von Intermittens und in den inneren Organen anatomische, nach seiner Meinung denen der Malaria ähnlichen Läsionen erlitten. [2]) Der in Gelatine gezüchtete und den Thieren injicirte Bacillus rief in diesen die erwähnten Störungen hervor. Aber diese, obschon durch die gewichtige Stimme Cohn's [3]) auf dem Congress zu Breslau gestützten Untersuchungen von Schiavuzzi fielen vollständig dahin; und es schloss die Experimental-Epoche des Malariabacillus mit den Experimenten von Golgi [4]) ab.

Dieser scharfe Beobachter hat die Behauptungen Schiavuzzi's durch Wiederholung der Experimente an Kaninchen mittels der von Schiavuzzi selbst ihm übersandten Züchtungen des angenommenen Bacillus zu bewahrheiten gesucht. Aus Golgi's Versuchen ging hervor, dass die subcutane Inoculation des beregten Bacillus nie die Intermittens im Kaninchen festsetzte. Man beobachtete in der That im Verfolg der Impfung eine leichte Temperaturzunahme, die aber an den folgenden Tagen nicht wieder

1) Schiavuzzi. Ueber Malaria im allgemeinen und insbesondere in Istrien. Vortrag, VI. Congr. Int., Wien 1887.

2) Schiavuzzi. Untersuchungen über die Malaria in Polen. München. Med. Wochenschrift 1886.

3) Cohn. Ueber die Aetiologie der Malaria. Vortrag der Schlesischen Gesellschaft für vaterl. Cultur. Breslau 1887.

4) Golgi. Interno al preteso bacillo della malaria di Klebs e Tommasi-Crudeli e Schiavuzzi. Torino 1889. Arch. per le Scienze mediche.

zum Vorschein kam und nichts mit der Malaria-Intermitteus zu thun hatte, da sie im Gegentheil der im Gefolge von Injectionen von Culturen nicht pathogener Mikroben bemerkten analog war. Die Schlussfolgerung Golgi's war, dass der Bacillus Schiavuzzi's ähnlich (?) dem von Klebs und Tommasi-Crudeli mit dem eigentlichen Malaria-Agenten nichts zu thun hatte.

* * *

So endete dieser historische, äusserst widerspruchsvolle Zeitabschnitt der experimentellen Resultate von Ueberimpfung und Uebertragung der Malaria an Thieren, welcher alle anderen zur selben Zeit und in derselben Richtung gemachten Versuche mit in seinen Strudel hereinriss, und eine neue, rationellere Phase that sich für die Experimentaluntersuchung auf.

In der That, nachdem Laveran für's erste die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf gewisse neue, von ihm im Malariablut entdeckte Parasitenformen gelenkt hatte, nachdem Marchiafava, Celli, Golgi, Guarnieri u. s. w., diese unermüdlichen, wohlverdienten italienischen Beobachter, mit fleissigen und classischen Forschungen die Morphologie dieser Parasiten aufgedeckt und so viel Licht auf die Aetiologie der Malaria-Infection geworfen, nachdem auf solche Weise der Bacillus seinen Posten den Hämosporozoarien (nach Laveran, Celli u. s. w.) oder Sarcodinen (Golgi) oder Rhizopoden (Grassi, Feletti) abgegeben, wurde die Experimentalfrage in anderer Richtung und mit grösserer Kraft wieder aufgenommen.

Es war Guarnieri[1]), der eine Reihe Impfversuche mit Malariablut mit Hämatozoarien selbst in grossen Mengen an Kaninchen und Hunden unmittelbar in die Venen oder in die Peritonealhöhle machte, aber immer mit negativem Resultat. Auch Laveran[2]) kam später zu gleichen Resultaten wie Guarnieri bei seinen Impfversuchen mit Malariablut in die Venen von

1) Guarnieri. Sull' infezione malarica. Memoria IV di Marchiafava e Celli. Arch. per le Scienze Med. Vol. XII, 8.

2) Laveran. Des Hematozoaires du Paludisme. Arch. d. méd. experim. 1890.

Kaninchen. Dann versuchte er auf endovenösem Wege Malariablut auch in eine Elster zu inoculiren, aber das Ergebnis war wieder negativ, obwohl die Prüfung des Blutes des Thieres durch volle drei Monate fortgesetzt wurde.

Celli und Sanfelice[1]) setzten diese Art Experimente an 14 Thiergattungen fort, aber mit negativem Ergebnis, obwohl das Malaria-Blut an Parasiten-Elementen sehr reich war. Ein Pferd[2]) und ein Maulesel wurden in die Vena jugularis geimpft, dann wurden Inoculationen auf verschiedenen Wegen an Meerschweinchen, weissen Mäusen, einem Igel, einer Fledermaus, zwei Tauben, zwei Turteltauben, zwei Eulen, vier Grünfinken, zwei Schildkröten, acht grünen Eidechsen, vier Fröschen, zwei Kröten, aber immer ohne irgend ein Resultat vorgenommen.

Fast gleichzeitig stellte Bein[3]) in Berlin gleiche Versuche an und hatte die gleichen Resultate. Er betrieb mit Blut eines Malariakranken venöse, hypodermische und peritoneale Impfungen an Hunden, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, Tauben. Und nie vermochte er dabei irgend ein Krankheitsphänomen zu beobachten, das mit den ausgeführten Injectionen Verwandtschaft hatte. Diese Untersuchungen wurden auch auf Frösche mit denselben Resultaten wie die ersten ausgedehnt.

Angelini[4]) inoculirte in demselben Jahre in zwei Haustauben an Parasiten-Elementen reiches Malariablut eines Tertiana-Kranken; weiter impfte er Blut eines Quartana-Kranken in einen Windhund, aber immer mit dem negativen Erfolg des ersten Experiments.

Di Mattei[5]) injicirte in derselben Zeitperiode Malariablut eines Semilunarkranken in sechzehn Tauben, in fünf auf hypo-

1) Celli e Sanfelice. Sui parasiti del globulo rosso nell' uomo e negli animali. Annali dell' Istituto d'Igiene. Roma. Vol. I.

2) Popoff glaubt, sechs Fälle von Malaria-Fieber bei Pferden in einer sumpfigen Gegend des Kaukasus, wo die Krankheit im Menschen herrschte, beobachtet zu haben. — Arch. f. Veterinär-Medicin, 1892.

3) Bein. Aetiologische und experimentelle Beiträge zur Malaria. Charité-Annalen. Bd. XVI.

4) Angelini. Note e contributo sperimentale. Riforma Medica 1891.

5) Di Mattei. Contributo all' infezione malarica nell' uomo e negli animale. Rif. Med. 1891.

dermischem, in sieben auf endovenösem, in vier auf abdominalem Wege, aber mit negativem Ergebnis; ausserdem inoculirte er sechs Kaninchen und sechs Meerschweinchen hypodermisch und in der Abdominalhöhle, und fünf Hunde, davon zwei in der Luftröhre, zwei auf endovenösem und einen auf dem Abdominalwege, aber immer mit negativen Resultaten. Die Thiere zeigten selbst nicht einmal jene vorübergehende Fieber-Reaction, die von De Renzi bemerkt und auf die Verwundung zurückzuführen ist.

Di Mattei[1]) führte noch andere Versuche in verschiedener Zeitperiode an zwei Katzen und einem Wolfe aus. Bei einer von den Katzen wurde eine endovenöse und bei der anderen eine hypodermische Injection von 2 ccm malarischen Blutes ausgeführt. Dem Wolfe wurde eine gleiche Quantität malarischen Blutes endovenös eingespritzt. Die lange unter Beobachtung gehaltenen Thiere zeigten nie etwas Krankhaftes, nie eine fieberhafte Störung; und der Befund ihres Blutes war immer negativ.

Endlich sind auch die Resultate von Grassi und Feletti[2]) bei Untersuchungen mit Thau aus malarischen Gegenden, den man Tauben zu trinken gegeben, negativ gewesen. Diese Experimente stimmen alle in ihrem Endresultate des Widerstrebens der Thiere im Allgemeinen gegen die Infection der malarischen Hämoparasiten des Menschen überein. Unter all den Thiergattungen jedoch, welche in grosser Anzahl bei diesen Untersuchungen benützt wurden, kommt der Affe sehr sparsam vor. Und das kommt von der Schwierigkeit her, sich mit dieser Thierart zu versehen. Und doch ist der Affe ein schätzbares Reagens für gewisse menschliche Infectionen, die in den andern Hausthieren keine Wurzel fassen.

Die ersten Experimente an Affen gehören Richard[3]) an. Er inoculirte diesen Thieren auf hypodermischem und venösem Wege

1) Di Mattei. L'uffiziale sanitario. Ottobre 1894.

2) Grassi e Feletti. Contribuzione allo studio dei parasiti malarici. Acc. Vol. V.

3) Richard. Communication sur les parasites de l'impaludisme. Ac. des Sciences, 1882.

Malariablut, konnte aber an ihnen keine nachfolgende Fieberaufregung bemerken.

Fischer[1]), von Kiel, brachte auf dem Wiener internationalen Congress für Hygiene und Demographie im Bericht über seine klinischen und experimentellen Studien über diesen Gegenstand zwei Experimente an Affen vor. Er inoculirte zweien von diesen Thieren Blut eines Malariakranken im Moment des Fieberaccesses und hielt sie einige Zeit unter Beobachtung, konnte aber keine Spur von Krankheit bei ihnen bemerken.

Bein[2]) hatte auch Gelegenheit, Blut eines an Tertiana kranken Individuums auf einen Affen zu inoculiren. Zum Unglück starb das Thier einige Tage nach der Injection durch zufällige Umstände, immerhin war aber während der Tage, wo es am Leben blieb, der Befund des Blutes des Thieres ein negativer, und kein Krankheitssymptom liess sich an die an ihm geschehene Injection anknüpfen.

Angelini[3]) hatte auch die günstige Gelegenheit, in der Medizinischen Klinik von Rom ein Experiment an einem jungen kräftigen Affen von der Species Cynocephalus Sphynx vorzunehmen. In die linke Achselvene des Thieres injicirte er 2 ccm Blut eines Malariakranken. 26 Tage lang konnte man nichts Bemerkenswerthes wahrnehmen; die wiederholt angestellte Untersuchung des Blutes ergab stets negativen Befund: keine Fieberstörung. Man machte dem Thiere eine zweite, endovenöse Inoculation von an Parasitenelementen reichem Malariablut, aber auch dieses Mal war das Resultat vollständig negativ.

Di Mattei[4]) hatte auch die Gelegenheit, malarisches Blut endovenös in einen Affen zu inoculiren, der der Unterfamilie der Catarrhinen, Geschlecht Macacus, angehörte. Aber das Resultat der 2 Monate langen Beobachtung war negativ in Bezug auf die Untersuchung der injicirten parasitischen Formen und in Bezug auf die Temperatur.

---

1) Fischer. Internationaler Congress für Hygiene und Demographie.
2) Bein, a. a. O.
3) Angelini. La refrattarietà della scimie. Rif. Med. a. a. O.
4) Di Mattei, a. a. O.

Diese Untersuchungen, deren Ergebnis constant bleibt und durch welche auch das Widerstreben einiger Affenarten gegen die malarischen Hämoparasiten des Menschen bewiesen wird, entkräften die Behauptung von Pfeiffer[1]), der, ohne es zu beweisen, die Reproduction von Malaria-Parasiten in Affen vermittelst Transfusion von Malariablut in sie annimmt. So bezeichnet, wenn es auch noch erübrigt, auf viele andere Thierarten die erwähnten Untersuchungen auszudehnen, doch das Widerstreben der Affen einen grossen Schritt zu dem allgemeinen Gesetz des Widerstrebens der Thiere überhaupt gegen die Malaria-Infection.

II.

Auf diesem Punkte stand die Frage der Malaria-Experimente bei den Thieren und schien wenigstens wegen der Uebereinstimmung der erlangten Ergebnisse schon abgeschlossen, da sollten die Studien Danilewsky's über vergleichende Parasitologie des Blutes und insbesondere die bedeutenden über das Blut der Vögel so zu sagen diesen Gegenstand revolutioniren und ihn unter einer verschiedenen Adresse und unter einem neuen, wichtigen Gesichtspunkte wieder dem Studium übergeben. Nachdem Danilewsky[2]) zunächst die Entdeckung des Vorhandenseins einiger Parasiten im Blute der Vögel angezeigt hatte, nachdem er ihre Entwickelung und verschiedene Phasen verfolgt hatte, obwohl er zuerst etwas unsicher darüber war, identificirte er sie schliesslich mit den Malaria-Parasiten des Menschen. Aber diese bedeutsame Schlussfolge konnte sicherlich so für's Erste ohne Bekräftigung von Seiten anderer Untersuchungen angenommen werden, um so mehr, als Danilewsky beim Eingehen in die Einzelheiten auch

1) Pfeiffer. Vergleichende Untersuchungen über Schwarmsporen u. s. w. Fort. d. Med. 1890.

2) Danilewsky. Zur Frage über die Identität der pathogenen Blutparasiten des Menschen u. s. w. Centralbl. für med. Wissenschaft. 1886. — Nouvelles recherches sur les parasites du sang des oiseaux. 1889. Khartsoff. — Recherches sur les Hematozoaires des tortues. Khartsoff 1889. — Sur les microbes de l'infection malarique aigue et chronique chez les oiseaux et chez l'homme. Annales de l'Institut Pasteur, 1890. — Etude de la microbiose malarique. Annales de l'Institut Pasteur, 1891.

bei den Vögeln eine Malaria in acuter und chronischer Form zuliess, indem er die Parasiten der einen und der anderen Form mit denen der acuten und chronischen Malaria des Menschen für eins erklärte.

Es war natürlich, dass durch diese Schlüsse sich ein neues Feld für Beobachtung, Untersuchung, Experiment eröffnete. In Folge der von Danilewsky verkündigten Identität zwischen den Parasiten der Vögel und den malarischen des Menschen, mussten die experimentellen Untersuchungen, von denen wir Anfangs gesprochen haben, einigermaassen erschüttert werden, oder man musste zum wenigsten das allgemeine Gesetz des Widerstrebens der Thiere gegen natürliche und experimentelle Malaria-Infection von dem Augenblick an beschränken, wo einige Species von ihnen, d. h. die Vögel, auf natürliche Weise von sich aus angesteckt werden konnten.

Desshalb wurde das Studium der sog. Malaria-Parasiten nach den Untersuchungen von Danilewsky binnen kurzer Zeit reichlich von tüchtigen Experimentatoren (Celli und Sanfelice, Grassi und Feletti, Pfeiffer, Kruse, u. s. w.) beackert; doch kann man wohl sagen, dass sie nicht zu einer wahrhaften Uebereinstimmung in den Resultaten gekommen sind.

Und in Wahrheit, während sie im Grossen und Ganzen in der Hauptsache einig waren, nämlich keine wahre Identität im Sinne Danilewsky's, sondern höchstens eine Verwandtschaft zwischen den Blut-Parasiten der Vögel und den Malaria-Parasiten des Menschen, so entstanden doch Meinungsverschiedenheiten, als es sich darum handelte, die inneren Beziehungen zwischen ersteren und letzteren genau zu bestimmen, und besonders, als es hiess, ihre Classification im Verhältnis zur Morphologie, zu ihrer Entwickelung, ihrem Cyclus zu systematisiren. — Ich kann mich nicht weitläufig damit beschäftigen und über Details betreffs der Controverspunkte der Autoren verbreiten, welche dieses Studium mit so grosser Liebe und Glück betreiben, ich habe mich ja nur in beschränkter Weise mit diesem Theile vergleichender Hämoparasitologie abgegeben und auch nur in Hinsicht auf meine allgemeinen Studien über Malaria-Infection in Thierversuchen.

Jedoch will ich nur zu dem Zweck der grösseren Rechtfertigung meiner Untersuchungen Andeutungen machen, da, wo zu ihrer besseren Beleuchtung etwas, was auch die Morphologie angeht, angepasst ist; denn das ist sicher, dass diese von sich aus in dem weiten Gebiete der Pathologie der Infectionen nicht alles zu erhärten im Stande ist.

Danilewsky äusserte zwar die Ansicht, dass die Hämatozoarien der Vögel pathogenische, denen des Menschen ähnliche Parasiten sind, und erachtete in Folge seiner Beobachtungen sich zu der Bekräftigung dieser Identität in jeder zoologischen und pathologischen Beziehung ermächtigt, fühlte sich aber dann nicht klar und ungetrübt genug in seinen Behauptungen, da er nun einmal, um diese Frage besser und vollständig aufzuklären, glaubte es wären Experimental-Untersuchungen von Inoculation des Blutes eines inficirten Vogels auf einen gesunden und später noch andere nöthig, um die künstliche Infection am Menschen mit den Blutparasiten der Vögel und die Infection an den Vögeln mit den Parasiten des Blutes eines Malaria-Kranken zu versuchen. Wirklich meldet er im Verein mit Tchouewsky eine erste Reihenfolge von Experimenten über die künstliche Infection gesunder Vögel mit dem Blute von kranken Vögeln an; es scheint mir aber nach dem Befunde meiner Untersuchungen, dass er bis jetzt auch solche nicht zu führen vermocht hat, weil er sie noch nicht öffentlich bekannt gegeben.

Aber die Wichtigkeit solcher Experimental-Frage war sofort von den übrigen Beobachtern anerkannt worden, und in Italien suchte man wirklich fast zu gleicher Zeit von Seite der Forscher bei verschiedener Richtung in der Untersuchung das Argument zu vertiefen, um doch zu diesem und jenem Schluss in der Sache zu kommen.

Aber auch hier waren die Resultate nicht übereinstimmend, obgleich nur wenige Forscher solche Experimente angestellt haben.

Celli und Sanfelice [1]) waren die ersten mit Herausgabe der Ergebnisse ihrer Untersuchungen. Die mehr wegen der Species

1) Celli e Sanfelice, a. a. O.

von Thieren, welche sie inoculirten, als wegen der inoculirten Individuen derselben Species zahlreichen Experimente führten die Autoren, in Folge einiger positiven Ergebnissen der Impfung zu dem Schluss, dass die Parasiten des rothen Blutkörperchens der Vögel vermittelst Uebertragung des inficirten Thierblutes sich in gesunden Thieren derselben Species und Varietät wieder erzeugen.

Die Autoren sagen, dass bei Tauben die inoculirten hämoparasitischen Formen in 3 von 6 Thieren nach 2—4 Incubationstagen reproducirt worden sind. Sie erklären die negativen Resultate bei den andern drei Tauben als eine Immunität, welche diese Thiere, sei es bei natürlicher oder künstlicher Infection, geniessen können. Vollständig negative Ergebnisse erlangten dann die Autoren weiter bei der Inoculation inficirten Blutes von Varietät auf Varietät, von Species auf Species, von Classe auf Classe.

Andere diesbezügliche Experimente gibt es nicht, wenn man die von mir und jene von Grassi und Feletti ausnimmt. Von den meinigen [1]) will ich jedoch zuletzt reden, obschon sie alle in der nämlichen Zeitperiode wie die der ersteren Autoren gemacht und fast gleichzeitig mit ihnen veröffentlicht sind. Kurz darauf erschienen auch diejenigen von Laveran.[2]) Er inoculirte im Ganzen 17 Tauben auf verschiedenen Wegen mit Blut von inficirten Tauben. Unter 10 auf venösem Wege inoculirten konnte er nur bei zweien drei Tage nach der Injection die Gegenwart dieses oder jenes äusserst seltenen endoglobularen Blutparasiten, der aber nach jenem Tage verschwand, bemerken; bei den 8 anderen war die Prüfung negativ so gut, wie bei allen übrigen Thieren. — Dann inficirte er gesunde Lerchen mit dem Blute inficirter Lerchen und sagt, er habe nur ein positives Ergebniss[3]) erreicht. Wirklich starb nur eine von den inoculirten Lerchen elf Tage nach der Injection, indem sie im Blut eine Invasion von Parasiten zeigte.

---

1) Di Mattei, a. a. O.

2) Laveran. Des hematozoaires voisins des ceux du paludisme observé chez les oiseaux. Bullet. de la Société de Biol., 1890, Paris.

3) Laveran. Des hematozoaires de l'alouette voisins de ceux du paludisme. Société de Biol. Mai 1891, Paris.

Wenn auf der einen Seite Danilewsky mit diesen isolirten Experimenten Laveran's[1]) Beweise zur Verstärkung seines Glaubens an die vollkommene Identität der Parasiten und zur Rechtfertigung seiner Ueberzeugung von ihrer pathogenen Kraft, kurz, wenn er seine Vermuthungen über die Lösung der künstlichen Infection im positiven Sinne bestärkt sieht, so findet Laveran auf der anderen Seite trotz seiner positiven Ergebnisse durchaus keine Gründe, welche die Ansichten von Danilewsky zu stützen vermögen.

Und er kommt in der That zu dem vollkommen entgegengesetzten Schluss, dass nämlich »die Analogie der Hämatozoarien der Vögel mit denen des Paludismus evident ist, diese Analogie aber durchaus nicht die Identität implicirt; dass vom morphologischen Gesichtspunkt aus man schon Verschiedenheiten hervorheben kann; dass aber, was vor Allem diese Parasiten trennt, der Umstand ist, dass die pathogene und febrigene Wirksamkeit der Hämatozoarien der Vögel durchaus nicht bewiesen ist«.[2])

Und fast ebenso lautet die Schlussfolgerung von Celli und Sanfelice[3]), welche mit allen ihren für positiv gehaltenen Resultaten von Inoculation sich nicht ermächtigt fühlen, die Identität zwischen den einen und den anderen Hämatozoarien fest zu bestimmen und sich nur darauf beschränken, zuzulassen, dass zwischen Vogel und Mensch die Verhältnisse so innig werden, dass man in den parasitischen Formen mit langsamer, beschleunigterer und schneller Entwickelung das Entsprechende in den malarischen Formen von Quartana, Tertiana und Quotidiana des Menschen erkennen kann.

Grassi und Feletti stellten, wie gesagt, gleichzeitig mit mir und früher als Laveran einige Versuche an, beschränkten sie aber auf die künstliche Infection. Sie impften auf 24 gesunde Tauben Blut von inficirten Tauben, aber ihre Ergebnisse waren vollständig negativ.

---

1) Laveran. Des hematozoaires des oiseaux. Société de Biol., Nov. 1891.

2) Laveran. Paludisme. Masson. 1892, Paris.

3) Celli e Sanfelice, a. a. O.

Die Einwände jedoch, welche sie, die Autoren, den Collegen in Rom gegenüber machen, und die ich meinerseits noch auf Laveran ausdehne, sind, wie wir später sehen werden, geeignet, den Werth jener für positiv gehaltenen Resultate zu erschüttern und zwar so sehr, dass man fordern muss zum wenigsten, es möchte das Argument der künstlichen Infection genauer vertieft werden.

Meine Experimente kamen daher zu rechter Zeit.

Doch muss ich sagen, dass es, als ich nach den Arbeiten Danilewsky's meine Untersuchungen betreffs des Gegenstandes begann, mir nicht schien, sie sollten sich nur auf das Factum der künstlichen Infection begrenzen, wie meine Collegen thaten, um die zoologische und pathologische Identität der Blutparasiten der Vögel mit jenen malarischen Parasiten des Menschen zu beweisen oder zu verneinen; sondern erachtete dagegen, die den Experimenten zu gebende Richtung müsste auf breitere Criterien gegründet werden, und hielt es für besonders gerechtfertigt, auf das Studium der Blutparasiten der Vögel alles zu appliciren, was das Experiment für jene des Menschen zur Kenntnis gebracht hat. So konnten die Schlussfolgerungen über die Beziehungen zwischen diesen verschiedenen Hämatozoarien besser definirt werden.

Auf diese Weise habe ich zwei Reihen von Experimenten angestellt.

In einer ersten Reihe habe ich den Versuch gemacht, auszuführen

a) eine systematische Untersuchung über die Temperatur der normalen (gesunden) Vögel und der mit Blutparasiten inficirten (kranken) Vögel, zu dem Zweck, um zu sehen, wie diese in den beiden Gesundheitszuständen der Thiere sich verhalte;

b) ein Studium über die Action einiger (specifischer oder für die Malaria-Infection des Menschen höchst nützlicher) auf verschiedenen Wegen bei den inficirten Thieren dargereichter Heilmittel;

c) eine Probe von Experimenten von Blutinoculation inficirter Vögel in gesunde für das Studium der künstlichen Infection.

Mit diesen Daten an der Hand hielt ich es für angezeigt, um besser zu der verwickelten Frage beizutragen und die ersten Untersuchungen zur Geltung zu bringen, eine zweite Reihe von Experimenten vorzunehmen, um zu studiren;

a) den Einfluss der verschiedenen gesunden und malarischen Localitäten bei der natürlichen Infection der Thiere;

b) die Möglichkeit der Infection durch Zusammenleben gesunder Vögel mit inficirten;

c) den Einfluss der Erblichkeit;

d) die Folgen der Inoculation von Blut eines malarischen Individuums auf die gesunden Vögel und von Blut inficirter Vögel auf gesunde Menschen.

Inzwischen halte ich für nöthig, von jetzt an zu betonen, und zwar gilt dies für alle Versuche, dass die von mir zu diesen Untersuchungen gewählten Thiere, Tauben und zwar Haustauben und ihre respectiven Jungen, von uns »piccioni« genannt, ein bei uns für diese Untersuchungen sehr bequemes Material gewesen sind. Es ist mir ausserdem daran gelegen, vorauszuschicken, dass die Prüfung der gesunden Tauben täglich durch eine lange Periode von Tagen hindurch (15—20—30) wiederholt wurde, bevor sie für solche erklärt wurden, denn aus meinen Beobachtungen und aus jenen Grassi's und Feletti's geht hervor, dass viele Tauben mehrere Tage lang einen negativen Befund an Parasiten in ihrem Blut dem Anschein nach zeigen oder sehr seltene parasitäre Formen enthalten können, dass sie der Beobachtung eines oder mehrerer Präparate entgehen können, um dann später bei den Prüfungen an den folgenden Tagen wirkliche parasitärische Invasionen und Vermehrungen sehen zu lassen.

Die Taube ist ein für solche parasitäre Invasionen des Blutes empfängliches Thier und wenn sie auch gesund ist, muss man sie an unverdächtigen Orten halten und bei der Beobachtung immer die Prüfung des Blutes controlliren, um ganz sicher zu sein, dass sie sich nicht später angesteckt habe, und dass man es wirklich mit einer nicht inficirten Taube zu thun habe. Und das ist auch die Ansicht, zu der Grassi und Feletti bei ihren Untersuchungen gelangen und, zu der auch Danilewsky

kam, welcher sich in dieser Beziehung so ausdrückt: »Manchmal kann man ein zeitweiliges Verschwinden der Hämatozoen constatiren, aber nach einer mehr oder minder langen Periode erscheinen diese Parasiten von neuem und auch in grösserer Menge als früher. Es ist von Wichtigkeit, zu bemerken, dass dieses Wiedererscheinen ohne eine neue Infection und während des Aufenthaltes des Vogels im Laboratorium vor sich geht.«

Und ich selbst muss in diesem Betracht die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass ich während der ersten Reihe der angestellten Experimente zwei im Centrum der Stadt und an durchaus nicht verdächigten Orten gekaufte Täubchen gehabt habe. Bei diesen Thieren zeigte sich das Examen des Blutes mehrere Tage lang negativ. Als ich dann Tags darauf das eine von ihnen auf endovenösem Wege inoculirte, erwies es sich als inficirt; nachdem ich mich aber wieder zur Beobachtung des andern als Contròle belassenen Täubchens wandte, zeigte es sich auch inficirt. Das liess natürlich vermuthen, dass beide Täubchen von Parasiten inficirt waren und dass an jenen Tagen der Beobachtung und des Experiments ihr Blut zeitweise davon frei war.

I. Reihe.

a) Temperatur.

Systematische Beobachtungen über die Temperatur inficirter Tauben oder anderer Vögel kenne ich nicht. Danilewsky beschäftigt sich nicht damit in besonderer Weise. Er sagt in sehr unbestimmten Worten, dass die Temperatur der Vögel (Elster, Eule etc.) während des Cyclus des Parasiten in ihrem Blut sehr erhöht und die Entkapselung des Polimitus (forma flagellata) immer mit einer niedrigeren Temperatur verbunden ist. Indem er dann weiter von einer chronischen Infectionsform der Vögel spricht, drückt er sich mit den Worten aus, dass die Temperatur der mit dieser Infectionsform behafteten Thiere derjenigen der gesunden Vögel ähnlich sei, während bei der anderen, der acuten Infectionsform (die nach ihm der Tertiana und Quartana des Menschen entspricht), die Temperatur sich mässig von 1^{0} bis zu $1{,}5^{0}$ erhebt, und dass endlich die Schwankungen der Temperatur bei den

Vögeln mit dem Stande ihres Hämocrobismus in Verbindung stehen. Schliesslich fügt er hinzu, dass die Temperatur der von ihm studirten Vögel zwischen 41,5° und 42,5° schwankte, und dass eine Temperatur von 43° ihn schon einen Krankheitszustand voraussetzen liess.

Für die inficirten Tauben sind keine Beobachtungen da.

In meinem Fall wurde bei den Tauben die Temperatur immer mit Thermometern gemessen, deren Genauigkeit uns wohl bekannt war; die Kugel wurde immer gleich tief in der Kloake eingelassen. Ich halte diese Einzelheiten nicht für unnütz, weil es bei den Thieren, insonderheit bei den Tauben, nicht gleichgiltig ist, zu sehen, wie sich die Temperatur je nach der verschiedenen Tiefe des Thermometerknopfes im Mastdarm verhält.

Die Temperatur während der Periode unserer Beobachtungen wurde im Ganzen bei 16 inficirten Tauben dreimal täglich gemessen und methodisch auch in ebenso vielen gesunden zur Controle.

Das Examen des Blutes der inficirten Tauben liess die glänzenden halbmondförmigen Formen in ihrem ganzen Entwickelungskreislauf beobachten. Gemäss Grassi und Feletti[1]) ist das Haustäubchen der Provinz von Catania nur einer Species von malarischen Parasiten unterworfen, nämlich der semilunaren Form Laverania-Danilewsky. Das sind parasitische Elemente, die in den ersten Phasen ihrer Entwickelung eine mehr oder minder runde Form haben, um dann eine ovale und später jene von wahren Halbmonden anzunehmen. Sie haben alle einen ovalen schönen Kern. Die jugendlichen Formen sind fast immer pigmentfrei, die entwickelteren haben ein bald unregelmässig verbreitetes, bald gegen die Pole hin, bald im Centrum zu einem einzigen Haufen concentrirtes Pigment; einige Formen sind innerhalb des rothen Blutkörperchens, andere gehören eng zum Kern, indem der Rest des rothen Blutkörperchens schon verschwunden ist; andere Formen sind frei im Plasma; der Fall ist nicht selten, im selben Blutkörperchen sogar zwei sichelförmige Gestaltungen zu erblicken, die sich hohl gegenüberstehen.

1) Grassi und Feletti, a. a. O.

Die so inficirten Tauben bieten anscheinend keine Störungen dar, dass man sie von den nicht inficirten Tauben hätte unterscheiden können, noch haben sie eine lange Zeit hindurch, wo wir sie in Beobachtung gehalten haben, Krankheitszeichen an den Tag gelegt. Einmal starb zwar eine von diesen Tauben, aber in diesem Falle konnten nicht andere zufällige Ursachen vollständig ausgeschlossen werden. Die post mortem angestellte Probe des Blutes dieser Taube zeigte eine grosse Menge parasitischer, pigmentirter Formen, eine grössere als die beim Leben constatirten Gebilde.

Bringen wir nun die zu verschiedener Zeit gemachten Beobachtungen mit dem Thermometer. (S. Tab. auf S. 258 u. 259.)

Wie man aus der Tabelle sieht, zeigt die Temperatur keine bemerkenswerthe Differenz zwischen den inficirten und gesunden Tauben. Die Temperaturoscillationen in den Morgen- und Abendstunden bei den gesunden Tauben sind denen der inficirten Tauben fast gleich. Ja, wenn etwas hervorgehoben werden muss, so ist es, dass bei den inficirten Tauben die Temperatur immer um einige Zehntel niedriger war, als die der gesunden. In der That steigt sie bei den gesunden Tauben sehr oft am Morgen von 42,5° auf 43°, während diese Ziffern fast nie von den inficirten erreicht worden sind. In den Abendstunden fällt bei beiden Reihen Tauben die Temperatur respective um einige Zehntel unter die des Tages.

Also, Resultat meiner Beobachtungen ist der Grundsatz: Die inficirten Tauben bieten thatsächlich keine Erhöhung, sondern eher eine sehr leichte Erniedrigung der Temperatur dar.

Nach vielen anderen Beobachtungen, die er gemacht, bestätigt Lassar, dass die Vögel im allgemeinen nie einem Phänomen von Ueberhitzung (hyperthermia) unterworfen sind und dass sie im gesunden Zustande Schwankungen von mehreren Zehnteln bis zu einem Grade darbieten können. Und indem er von den Tauben spricht, betrachtet Chossat, in Folge von 600 Beobachtungen mit dem Thermometer mehrere Wochen lang, diese Oscillationen als gleichbleibend; er findet eben durchschnittlich eine Temperatur von 42,2° am Tag (Mittag) und 41,5°

Temperatur.

Gesunde Tauben.

Monatstag	Taube I Morgs.	Taube I Abends	Taube II Morgs.	Taube II Abends	Taube III Morgs.	Taube III Abends	Taube IV Morgs.	Taube IV Abends
Jan.								
1.	42°	42°	42,2°	41,5°	43°	42,1°		
2.	42,5°	42°			43,1°	42°		
3.	43°	42,3°	43°	42,8°	42,8°	42,7°		
4.			42,8°	42,1°				
5.	42,8°	42,5°			42,7°	42°	42,1°	42°
7.	42,2°	42,1°			42,1°	42°	42,6°	42,2°
9.	43°	42,5°	42,9°	42,1°	42,6°	42°		
11.	42,8°	42,1°	42,5°	42,5°			42,6°	42,1°
13.							42,8°	41,9°
15.			42,9°	42,5°			42,2°	42°
März	Taube V		Taube VI		Taube VII		Taube VIII	
10.	41,8°	42°	42,9°	42,7°			42,2°	42,1°
11.	42,1°	42°	43°	42,7°			42,4°	42,3°
12.	42,5°	42,2°	42,8°	42,5°	42,1°	42,1°		
13.					43°	42,7°	42,4°	42,2°
14.			42,5°	42,3°	42,8°	42,5°	42,3°	42,1°
15.			42,5°	42,3°				
17.					43°	42,7°		
19.	42,2°	42,1°			42,7°	42,1°		
21.	41,9°	42°			42,5°	42,2°		

Inficirte Tauben.

Monatstag	Taube I Morgs.	Taube I Abends	Taube II Morgs.	Taube II Abends	Taube III Morgs.	Taube III Abends	Taube IV Morgs.	Taube IV Abends
Jan.								
1.	42,1°	42°			42,1°	42°	42°	41,8°
2.	41,9°	42°	42,5°	41,7°			42,2°	41,9°
3.	42°	41,9°	42,3°	41,7°	42°	41,5°		
4.					41,9°	41,5°	41,9°	41,5°
5.	42,1°	42°	42,2°	41,9°	42,2°	41,5°	42,5°	42°
7.	41,8°	41,4°	41,9°	42°	42,2°	41,9°	41,8°	41,6°
9.			42,1°	42°	42,3°	42°	42°	41,8°
11.	42,1°	41,9°			42°	42°		
13.	42,2°	41,7°	42,1°	41,9°	42,4°	42°	42,1°	41,8°
15.			42,1°	41,8°				
März	Taube V		Taube VI		Taube VII		Taube VIII	
10.	42,1°	42°			41,5°	41,5°		
11.	42,2°	42°			41,7°	41,5°		
12.	42,3°	42,1°	42°	42°				
13.			42,2°	42°	41,5°	41,4°	41,8°	41,6°
14.	42°	41,9°			41,8°	41,7°	42°	41,9°
15.			42,2°	41,9°	41,9°	41,7°	41,9°	41,8°
17.			42,2°	42°	41,8°	41,4°		
19.			42,5°	42,2°	42,1°	42°	42,8°	42,1°
21.	41,9°	42°	42,2°	41,9°	42,3°	42°	42°	41,8°

Temperatur.

Gesunde Tauben.

Monatstag	Taube V Morgs.	Taube V Abends	Taube VI Morgs.	Taube VI Abends	Taube VII Morgs.	Taube VII Abends	Taube VIII Morgs.	Taube VIII Abends
März								
23.	42,5°	42,1°	42,7°	42,5°			42,4°	42,2°
25.			43°	42,7°				
28.							42,5°	42,3°
Mai	Taube IX		Taube X		Taube XI		Taube XII	
1.	42,6°	42,5°					42,6°	42,3°
2.	43°	42,7°			42,8°	42,6°	42,4°	42,5°
3.	42,7°	42,5°			42,5°	42,3°	42,7°	42,4°
4.					42,6°	42,4°		
5.					42,5°	42,5°		
6.					42,5°	42,6°		
8.								
10.			42,2°	42°			41,9°	41,9°
12.			42,3°	42°				
14.			42,2°	42,1°			43°	42,7°
16.	42,6°		42,5°	42,2°			42,8°	42,6°
18.	42,5°		43°	42,7°				
20.	42,7°							

Inficirte Tauben.

Monatstag	Taube V Morgs.	Taube V Abends	Taube VI Morgs.	Taube VI Abends	Taube VII Morgs.	Taube VII Abends	Taube VIII Morgs.	Taube VIII Abends
März								
23.	41,8°	41,6°					41,9°	41,7°
26.	41,7°	41,5°						
28.								
Mai	Taube IX		Taube X		Taube XI		Taube XII	
1.	42,1°	42°	41,9°	41,7°			42°	41,8°
2.	42°	42°	42°	42°			42,1°	41,9°
3.			41,9°	41,7°	42,2°	42,2°		
4.	42,6°	42°	41,7°	41,7°	42,2°	42°	41,9°	41,6°
5.	42,5°	42°			42°	41,9°		
6.	42,3°	42°						
8.			41,7°	41,6°	41,9°	41,7°		
10.	42,3°	41,9°	42°	41,8°			42,2°	41,9°
12.							42,5°	42°
14.	42°				42°	41,9°		
16.	42,3°		42°	42°	42,3°	42°	42°	41,8°
18.					42,3°	42°		
20.								

am Abend (Mitternacht). Diese Temperaturschwankungen bei den Tauben bringen Corin und Van Beneden bis auf 2 Grade, indem sie als Grenzen die Ziffern 41,5° und 43,5° zulassen.

Ohne deshalb eine Schätzung über die Temperaturerhöhungen zu machen, wie sie Danilewsky bemerkt hat, der in seinen Untersuchungen die Vögel nur, weil ihre durchschnittlich von 41,5° bis 42,5° schwankende Temperatur manchmal auf 42,8° bis 43° stieg, als fieberkrank betrachtet, sind wir geneigt, den kleinen bei den beiden von uns studirten Reihen Tauben beobachteten Temperaturverschiedenheiten keine Wichtigkeit beizulegen, und behaupten daher, dass die parasitische Infection des Blutes in diesen Thieren keine Störung hervorbringt, die sich mit Temperaturerhöhungen erheben liesse.

b) Therapeutische Versuche.

In dieser Richtung haben nur Celli und Sanfelice[1]) Untersuchungen angestellt. Diese Autoren erprobten an den inficirten Tauben die Action einiger Heilmittel wie Chinin, Antipyrin, Arsenikflüssigkeit, Phosphorsäure, Sodacarbonat. Mit den vorbenannten Mitteln, Chinin ausgenommen, erlangten sie negative Resultate. Bei dem Chinin fanden sie dagegen, dass es, wie für die Plasmodien der Malaria, die Bewegungen der Hämatozoarien lähme, ohne jedoch auf diese eine tiefere deletärische Wirkung auszuüben. Die Experimente ermangeln der Details und sind an einer kleineren Zahl Tauben gemacht worden.

Gleichzeitig mit jenen Untersuchungen stellte ich meine an, indem ich sie auf zwei pharmaceutische Präparate beschränkte, welche eine so wirksame Thätigkeit bei der Malaria-Infection darthun, nämlich Chinin und Arsenik, und auf ein anderes, wegen seiner Kraft, die Mikroben zu tödten, so vorzügliches Salz, nämlich Sublimat.

Vom Chinin habe ich das Bisulfat gewählt als solches, welches sich wegen seiner Löslichkeit am besten zum Versuch eignet. Ein Gramm wurde in 100 ccm sterilisirten Wassers aufgelöst, so dass jeder Cubikcentimeter der Lösung 1 ctgr des Salzes enthielt.

1) a. a. O.

Dann wurde es eingespritzt in einer Dosis von 1/4, 1/2 bis zu 1, 1 1/2 ccm und auf den verschiedenen Wegen, dem hypodermen, venosen und abdominalen.

Vom Arsenik habe ich zuerst Arseniksäure gebraucht, nach der schwachen Formel von Buchner, hergestellt aus 1 g Arseniksäure in 2000 g Wasser, so dass 1 ccm dieser Lösung ein halbes Miligramm Arseniksäure enthielt. Davon wurde in immer wachsender Dosis ein Zehntel Cubikcentimeter bis zu einem halben Cubikcentimeter eingespritzt. Doch war es immer eine starke Lösung und wurde übel ausgehalten, und man konnte für mehrere Tage nicht fortfahren. Man zog vor, 1 ccm der vorgenannten (ein halbes Milligramm Arseniksäure enthaltenden) Lösung in 100 ccm Wasser zu verdünnen; so machte man eine schwache Lösung, welche zu mehreren Cubikcentimetern eingespritzt, längere Zeit hindurch vom Thiere wohl gelitten wurde. — Vom Sublimat habe ich dann verschiedene Lösungen gemacht; ich habe mit einer Lösung zu 1 ‰o angefangen, so dass 1 ccm Lösung 0,0001 g des Salzes enthielt und bin bis zu einer Lösung von 1 pro 5000 gestiegen, so dass 1 ccm Lösung 0,0005 g des Salzes enthielt. Dem Thiere wurde von 1 Zehntel bis zu 1 ccm bald von der einen, bald von der anderen Lösung eingespritzt. Um ein annäherndes Kriterium zu haben, ob die parasitären Formen in Folge der Behandlung abnähmen oder sich einigermassen modificirten, hielt man Controlthiere mit gleichem Blutbefund und machte Präparate zu verschiedenen Tagesstunden, indem man respective die Nummer der Hämatozoarien in jedem Felde des Mikroskops und die Veränderungen ihrer Formen zählte.

Leider wissen wir, dass die dargelegten Kriterien sehr relativ sind, aber andererseits mussten wir uns bei einem an sich sehr veränderlichen Blutbefund mit annähernden Daten und Controlen begnügen.

1. Chinin.

Meine Experimente mit diesem Salz sind die zahlreichsten, als demjenigen, welches grössere Aufmerksamkeit verdiente in Bezug auf den Gegenstand, der uns beschäftigt.

Die Experimente sind 5 auf subcutanem, 3 auf endovenösem, 4 auf endoabdominalem Wege. Ich werde sie kurz melden, um so mehr als die Ergebnisse gleichförmig sind.

Hypodermer Weg.

Versuch I.

Taube. Blut mit ovalen, sichelförmigen, pigmentirten, endoglobulären und freien Formen. Erhält $^1/_2$ ccm der Lösung. Nach 1—2 Stunden keine Modification in den hämoparasitären Formen. Am folgenden Morgen halten sich die parasitären Formen gerade so; es wird ein anderer $^1/_2$ ccm der Lösung eingespritzt. Am dritten Tag gleicher mikroskopischer Befund wie am vorhergehenden; es wird 1 ccm der Lösung eingespritzt. Am vierten Tag analoger Befund wie am vorhergehenden: Injection von 1 ccm. Am fünften Tag keine anscheinende Aenderung in den parasitären Formen: Injection am Morgen 1 ccm und am Abend 2 ccm. Am sechsten Tag analoger Befund: Injection am Morgen $2^1/_2$ ccm und Abend $2^1/_2$ ccm. Am siebenten Tage fand man die Taube todt. Der mikroskopische Befund des Blutes lässt die ovalen Formen spärlich, die gewöhnlichen freien halbmondförmigen und endoglobulären Formen bemerken, einige kaum sichtbar innerhalb der Globuli, die zusammengeschrumpft sind, viele Pigmentkörner frei im Plasma, die auf Veränderungen in Folge des Todes sich zurückführen lassen.

Versuch II.

Taube. Blut mit eher runden und ovalen Formen im Vorwalten, wenig halbmondförmige, endoglobulare, einige seltene frei. Man wendet eine tägliche Injection von 1 ccm der Lösung 10 Tage hindurch an. Das Thier wird todt aufgefunden. Die ganze Beobachtungszeit lang sieht man die parasitischen Formen wenig verändert, die halbmondförmigen kommen selten vor, die Zahl der ovalen und runden Formen scheint vermindert. Es scheint nicht, dass sie Alterationen in den Formen erlitten haben.

Versuch III.

Taube. Blut mit endoglobularischen, kleinen, runden, verlängerten, wie eine Acht erwürgten Formen. Injection von $1^1/_2$ ccm Lösung. Nach Verlauf einiger Stunden keine bemerkenswerthe Aenderung in den hämoparasitischen Gebilden. Am folgenden Morgen ist der Befund ganz derselbe; man spritzt andere $1^1/_2$ ccm Lösung ein. Am dritten und vierten Tag werden keine Injectionen gemacht und dieselben Formen wie den Tag vorher vorgefunden. Den fünften Tag Injection von anderen 2 ccm, Blutbefund analog dem früheren. Am sechsten Tag keine Injicirung, die Probe des Blutes lässt eine Vermehrung von ovalen Formen in den Vordergrund treten. Am siebenten Tag, nach Injection von anderen 2 ccm, zeigt die Taube deutliche Zeichen von Leiden. Die Prüfung des Blutes zeigt ovale, mehr länglich gewordene, am Centrum enghalsige Formen. Das Thier stirbt in der Nacht. Am Morgen darauf wird das mikroskopische Examen angestellt, und es werden viele zerstörte und im Plasma freie Formen bemerkt.

Versuch IV.

Taube. Blut mit hauptsächlich halbmondförmigen Gebilden. Injection von 2 ccm. Der Befund zwei Stunden nach derselben: keine Modification der beobachteten Formen. Tags darauf Injection von 2 ccm; der Befund ist dem vorausgegangenen gleich. Den dritten Tag ist die Taube leidend. Andere 2 ccm werden eingespritzt; in keiner Hinsicht der Blutbefund modificirt weder in der Zahl noch in der Form der Parasiten. Am vierten Tag wird das Thier todt gefunden Hämoparasitischer Befund, ähnlich den vorhergegangenen.

Versuch V.

Taube. Blut mit vornehmlich semilunaren Formen. Injicirung eines halben ccm Lösung 5 Tage lang; Blutbefund ähnlich dem vor der Injection Dann Injection von 1 ccm für weitere 6 Tage. Der Blutbefund bleibt sich immer gleich. Endlich Injection von 1½ ccm für weitere 5 Tage. Die Halbmonde haben sich im Grossen und Ganzen nicht verändert; mancher aber zeigt sich mehr angeschwollen, mehr transparent.

Endovenöser Weg.

Versuch VI.

Taube Blut mit parasitärer Invasion in allen Stadien: runde, ovale, halbmondgleiche, endoglobulare und freie Formen. Injection von 1 ccm Lösung in die vena superficialis des rechten Flügels. Nach 2, 6, 24 Stunden keine nennenswerthe Veränderung im Blutbefund. Nach 36 Stunden wird 1 ccm in die Vene des linken Flügels eingespritzt. Blutbefund nach einigen Stunden seit der Einlassung analog dem vorhergehenden. Zwei auf einander folgende Tage lang wird das Thier in Ruhe gelassen. Am fünften Tage wird es todt aufgefunden in Folge von mit der Injection nichts zu thun habenden Ursachen. Im Blutbefund nichts Neues.

Versuch VII.

Taube. Blut vornehmlich mit halbmondigen, endoglobulären Formen mit und ohne Pigment; wenige, eirunde Formen. Injection von 2 ccm Lösung in die Vene des Flügels. Der Blutbefund nach einigen Stunden lässt keine Veränderung in den beobachteten Formen sehen. Am Morgen darauf eine weitere Injection von 2 ccm in die andere Vene. Das Thier stirbt nach 6 Stunden. Bei der Prüfung des Blutes sieht man viele halbmondige Formen, frei im Plasma, viele Pigmentkörnchen, viele entstellte ovale Formen; die Halbmonde hatten ihre netten, saubern Umrisse und waren ein wenig dunkel mit entstellten Rändern.

Versuch VIII.

Taube. Blut mit runden, kleinen, ovalen, endoglobularen Formen. Es wird eine Injection von 1 ccm in die Vene des rechten Flügels gemacht. Beim Befund nach 2, 4, 6 Stunden keine Modification der parasitischen Formen des Blutes. Am nächsten Morgen Injection von 1 ccm in die Vene des anderen Flügels. Nach 1, 3, 5 Stunden ist die Beobachtung des Blutes analog der vorhergegangenen. 3 Tage lang wird das Thier in Ruhe gelassen:

in dieser Zeit bietet das Blut nichts Anormales dar. In dieselbe Vene des rechten Flügels wird die Injection von 1 ccm wiederholt. Der Blutbefund lässt eine leichte Vermehrung der ovalen Formen bemerken. Nach weiteren 5 Tagen, während deren die tägliche Beobachtung keine bemerkenswerthen Veränderungen der parasitischen Formen hervorheben liess, wurde 1 ccm in die schon gebrauchte Vene des linken Flügels eingespritzt. Nach weiteren 3 Tagen augenscheinlichere Verringerung der parasitären runden, kleinen Formen und auch bezügliche Verminderung der eirunden Formen.

Endoperitonealer Weg.

Versuch IX.

Taube. Blut mit vornehmlich halbmondigen, freien und endoglobulären Formen mit und ohne Pigment, mit wenigen, eirunden Formen. Es wird täglich 3 Tage lang $^1/_2$ ccm injicirt. Der Blutbefund 2, 4, 6 und 24 Stunden nach der Injection ist demjenigen vor den Injectionen analog. Weitere 3 Tage hindurch Injection von 1 ccm. Der Blutbefund zeigt sich in nichts verändert.

Versuch X,

Taube. Blut mit parasitarischen Formen in allen Entwickelungsphasen. Injection von 1 ccm Lösung. Nach 1, 2, 4, 6 Stunden keine Veränderungen der parasitarischen Formen. Am zweiten Tag neue Injection von 1 ccm. Der Blutbefund zeigt sich dem ersten analog. 2 Tage lang wird das Thier in Ruhe gelassen. Am fünften Tag dritte Injection von 1 ccm. Der Blutbefund zeigt sich unverändert. Am siebenten Tage vierte Injection von 1 ccm. Beim Blutbefunde wird eine Verminderung der runden Formen bemerkt. Am neunten Tage fünfte Injection von 1 ccm; immer sichtbarere Verringerung der Formen. Am zwölften Tage nur semilunare Formen und in kleiner Menge: man bringt eine sechste Injection von 1 ccm. Weitere 10 Tage, während deren immer mit Ueberschlagen je eines Tages 5 andere Injectionen vorgenommen wurden, jede von 1 ccm, modificirte sich der Blutbefund nicht.

Versuch XI.

Taube. Blut mit parasitären Formen in allen Entwickelungsphasen. Injection von 2 ccm Lösung. Blutbefund nach 2, 4, 8, 12, 24 Stunden immer derselbe wie jener vor der Injection. Am folgenden Tage neue Injection von weiteren 2 ccm. Am dritten Tage dritte Injection von 2 ccm. Im Blute dieselben parasitären Formen, ohne Veränderung und ohne Verringerung. Das Thier wird am 4. Tage todt aufgefunden. Der Blutbefund zeigt nichts Bemerkenswerthes.

Versuch XII.

Taube. Blut mit sehr wenigen runden und kleinen, ovalen Formen. Injection von 1 ccm Lösung. Nach 2, 6, 16 Stunden Blutbefund ähnlich dem vor der Injection. Am zweiten Tage zweite Injection von 1 ccm. Der Blutbefund analog dem früheren. Am dritten Tage werden $1^1/_2$ ccm eingespritzt. Die ovalen Formen zeigen sich mehr gewachsen. Am fünften Tage vierte Inoculation von $1^1/_2$ ccm. Blutbefund immer gleichmässig. Am siebenten

Tage fünfte Inoculation von 1½ ccm. Beim Blutbefund sind die runden Formen sehr selten geworden, auch in geringer Anzahl die ovalen Formen. Am zehnten Tage eine letzte Injection von 2 ccm. Der Blutbefund zeigt nur die ovalen Formen.

2. Arsenik.

Dem Arsenik widerstehen die Tauben wenig. Meine Versuche sind auch nicht zahlreich. Sie beschränken sich auf drei für die Via digestiva, drei für die Via subcutanea, zwei für Via endovenosa, zwei für Via abdominalis.

Via digestiva.

Versuch I.

Taube. Blut vornehmlich mit halbmondigen Formen, aber nicht gross an Zahl. In den Mund wird ½ ccm der starken Lösung eingelassen. Am Morgen darauf ist der Blutbefund durchaus nicht modificirt: es wird nun 1 ccm der genannten Lösung durch den Mund eingelassen. Am dritten Tage lassen sich im Blut die nämlichen Formen sehen: man lässt noch 1 ccm einführen. Den vierten Tag wird das Thier in Ruhe gelassen. Den fünften Tag ist der Blutbefund dem vorgehehenden analog: man lässt 1 ccm Flüssigkeit in das Thier einführen. Am sechsten Tage ist der Befund des Blutes analog. Nach Eingebung von 2 ccm Lösung starb das Thier.

Versuch II.

Taube. Blut mit kleinen runden und ovalen Formen; hie und da eine von diesen mit Pigment. Tägliche Eingebung von ½ ccm der schwachen Lösung für 20 Tage. Die Prüfung des Blutes ist immer dieselbe für die 6 ersten Tage, dann Vorherrschen von ovalen Formen; gegen den 15. Tag Erscheinen von einigen semilunaren Formen. Das Thier lebt weiter noch 10 Tage, während deren man andere 5 ccm Lösung eingibt. Es wird todt aufgefunden, aber im Blute stösst nichts anderes auf als das Vorwalten von eirunden Formen, und zwar in spärlicher Zahl, und einige Halbmonde.

Versuch III.

Taube. Blut mit parasitärer Invasion in allen Entwickelungsstadien. Eingabe von 2 ccm der starken Lösung. Am Morgen darauf ist der Blutbefund analog dem vom Tage vorher. Das Thier nimmt andere 2 ccm Lösung ein. Am dritten Tage Eingabe von andern 2 ccm. Einige Stunden darauf wird es todt aufgefunden. Der Blutbefund lässt die runden Gebilde in sehr geringer, die ovalen in weit grösserer Zahl, dazu einige Halbmonde ersehen. Keine Veränderung in der Form der Parasiten.

Via subcutanea.

Versuch IV.

Taube. Blut mit parasitären Formen in allen Stadien. Fünf Tage lang Inoculation von 1 ccm der schwachen Lösung: keine Modification im Blutbefunde. Eine weitere tägliche Inoculation von 2 ccm 5 Tage hindurch:

der Befund des Blutes weist fortschreitende Verminderung der runden Formen auf. 2 weitere Tage lang Inoculation vor 2 ccm Solution. Am 13. Tage findet sich das Thier todt. Im Blute stiess man auf viele eirunde Formen, wenige Halbmonde, hie und da einen mit viel pigmentirtem Protoplasma.

Versuch V.

Taube. Blut mit Halbmondformen. Injection von 2 ccm der starken Lösung. Das Thier zeigt sich leidend. Den Morgen darauf Injection von weiteren 3 ccm derselben. Das Thier stirbt nach 4 Stunden. Der Blutbefund zeigt sich nicht viel verändert. Die Halbmonde dem Anschein nach mit dem ein wenig körnigen Protoplasma.

Versuch VI.

Taube. Blut mit Vorwalten von semilunaren Formen. Es werden 6 ccm der starken Lösung eingespritzt. Am Abend stirbt das Thier. Die mikroskopische Blutuntersuchung, 1, 2, 3, 4 Stunden nach der Injection, liess keine bemerkenswerthe Modification in den parasitären Formen hervorheben.

Via Venosa.

Versuch VII.

Taube. Blut mit wenigen runden, kleinen Formen, hie und da eine ovale. Injection von 1 ccm der starken Solution in die Vene des rechten Flügels. Nach 2, 4, 6 Stunden keine Veränderung im Blutbefunde. Am folgenden Morgen neue Injection in die Vene des andern Flügels. Nach 2, 4 Stunden bemerkt man beim Blutbefund, dass die eirunden Formen die Homogeneität des Protoplasma verloren haben. Das Thier wird todt aufgefunden.

Versuch VIII.

Taube. Blut mit Halbmondformen. Injection von 1 ccm der schwachen Lösung (rechter Flügel). Nach 1, 2, 4, 24 Stunden erscheint der Befund des Blutes unverändert. Nach 2 Tagen Ruhe neue Injection von 1 ccm (linker Flügel). Der Blutbefund bietet keine bemerkenswerthen Modificationen dar. Am achten Tage dritte Injection von 1 ccm in den rechten Flügel. Die Halbmonde verlieren Nichts von ihrer Qualität und Form. Am 12. Tag vierte Injection ven 1 ccm in den linken Flügel. Unveränderter Blutbefund.

Via endoabdominalis.

Versuch IX.

Taube. Blut mit wenigen Halbmondformen. Injection von 1 ccm der schwachen Lösung. Keine Veränderung im Blutbefunde. Am zweiten Tage zweite Injection von 1 ccm. Befund des Blutes unverändert. Vom vierten bis zehnten Tag Injection von $^1/_2$ ccm der Lösung. Die Halbmondformen bleiben immer wenig und ungeändert.

Versuch X.

Taube. Blut mit parasitärer Invasion in allen Stadien. Injection von 5 ccm der starken Solution. Nach 1, 2 Stunden zeigt die Beobachtung des

Blutes nichts Bemerkenswerthes. Das Thier wird am Abend todt aufgefunden. Der Blutbefund zeigte sich unverändert.

3. Sublimat.

Für die Tauben ist der bessere und gut und auf lange Zeit ausgehaltene Weg der subcutane. Unsere Experimente beschränken sich auf zwei für die Via hypodermica, einen für die Via endovenosa und zwei für die Abdominalhöhle.

Via subcutanea.

Versuch I.

Taube. Blut mit wenig Halbmonden. Injection von 1/2 ccm der schwachen Lösung. Beim Blutbefund nach 2, 4, 6, 24 Stunden Fortdauer der vorbesagten Formen. 8 Tage lang die Injection von 1/2 ccm der gesagten Lösung fortgesetzt. Beim Blutbefund zeigen sich die Halbmonde durchaus nicht modificirt. Man fährt in dieser Behandlung bis zu 14 Tagen fort. Das Thier stirbt, und der Blutbefund erhält sich gleichmässig.

Versuch II.

Taube. Blut mit runden, kleinen und endoglobulären Formen, hie und da ovale Form. Injection von 2 ccm der schwachen Lösung. Der Blutbefund ist durchaus nicht verändert. Am zweiten Tag Injection von weiteren 2 ccm der vorgedachten Solution. Der Befund des Blutes analog dem vorausgehenden. Am dritten Tag dritte Injection von 2 ccm. Blutbefund immer ungeändert. Nach 2 Tagen Ruhe lässt die Blutprobe Vorwalten von ovalen Formen und einige pigmentirte bemerken. Es werden dann 2 ccm der starken Lösung eingespritzt. Das Thier verendet. Der Blutbefund ergibt ausser den pigmentirten ovalen Formen einige Halbmonde.

Via endovenosa.

Versuch III.

Taube. Blut mit wenigen Halbmondformen. Injection von 1 ccm der schwachen Lösung in den rechten Flügel. Nach 2, 6 Stunden stellt sich der Blutbefund nicht modificirt dar. Am dritten Tag Injection von 2 ccm der starken Lösung in den linken Flügel. Nach 1, 2, 6 Stunden ist der Blutbefund dem vorausgegangenen analog. Das Thier wird zu später Stunde todt aufgefunden.

Via endoabdominalis.

Versuch IV.

Taube. Blut mit wenigen endoglobulären, kleinen, runden Formen. Injection von 1 ccm der schwachen Solution 8 Tage hindurch. Der Blutbefund ändert sich nicht. Injection von 1 1/2 ccm der genannten Lösung für weitere 2 Tage. Der Blutbefund bleibt sich immer gleich. Nach 3 Ruhetagen Injection von 1 ccm. Bei dem Examen des Blutes bemerkt man ausser den

runden Formen noch ovale, hie und da eine pigmentirte. Nach 5 weiteren Ruhetagen wird $^1/_2$ ccm der Lösung eingespritzt. Der Blutbefund weist ein Ueberwiegen von ovalen Formen auf. Nach abermals 3 Tagen Ruhe Injection von 1 ccm der Solution 2 Tage hindurch. Beim Blutbefund keine Modification der beobachteten Formen und Auftreten von Halbmonden.

Versuch V.

Taube. Blut mit parasitärer Invasion in allen Stadien. Injection von $^1/_2$ ccm der starken Auflösung. Blutbefund unverändert. Am zweiten Tage abermals $^1/_2$ ccm. Der Blutbefund derselbe. Den vierten Tag Injection von 1 ccm. Nach 2, 4, 6 Stunden ist der Befund den früheren immer analog. Am fünften Tage Injection von 2 ccm. Nach 2, 4, 6 Stunden zeigt der Blutbefund eine bemerkenswerthe Verminderung der runden und ovalen Formen. Keine Modification im Inhalt der vorhandenen parasitischen Formen. Das Thier stirbt.

Inzwischen halte ich es für nützlich, die Experimente in der folgenden Tabelle zusammen zu fassen, um die Schlüsse, zu denen die erhaltenen Ergebnisse uns kommen lassen, besser zu werthen.

Therapeutische Versuche.

Nummer des Experiments	Inoculirtes Thier	Inoculirtes Mittel	Blutbefund vor der Inoculation	Injectionsweg	Tagesdauer des Experiments	Veränderungen des Blutes nach der Injection	Ausgang des Experiments
1	Taube	Chinin	Formen: ovale, halbmondige, endoglobuläre und freie	hypoderm.	7	keine	† (todt)
2	»	»	runde, ovale, einige halbmondige	»	10	die Zahl der runden ovalen Formen scheint vermindert	†
3	»	»	runde, ovale, seltene semilunäre	»	7	viele ovale Formen	†
4	»	»	Uebergewicht von Halbmonden	»	4	keine	†
5	»	»	Uebergewicht von Halbmonden	»	15	keine	
6	»	»	runde, ovale, semilunäre	endovenöser	5	keine	†
7	»	»	Uebergewicht von halbmondigen, endoglobulären	»	2	ovale und semilunäre, deformirte Formen	†
8	»	»	runde, kleine und ovale	»	13	Verminderung der runden und ovalen Formen	
9	»	»	überwiegen von Halbmonden	abdominaler	6	keine	
10	»	»	runde, ovale, semilunäre	»	22	spärliche runde Formen	
11	»	»	runde, ovale, semilunäre	»	4	keine	†
12	»	»	spärliche runde und ovale	»	10	überwiegen ovale Formen	

Therapeutische Versuche.

Nummer des Experiments	Inoculirtes Thier	Inoculirtes Mittel	Blutbefund vor der Inoculation	Injectionsweg	Tagesdauer des Experiments	Veränderungen des Blutes nach der Injection	Ausgang des Experiments
13	Taube	Arsenik	Formen: spärliche halbmondige, sehr spärliche ovale	digestiver	6	keine	†
14	»	»	runde, ovale	»	25	ovale, einige semilunäre Formen	†
15	»	»	runde, ovale und semilunäre	»	3	keine	†
16	»	»	runde, ovale, semilunäre	subcutaner	12	ovale Formen, Halbmonde spärlich	†
17	»	»	überwiegen von Halbmonden	»	2	keine	†
18	»	»	überwiegen von Halbmonden	»	1	keine	†
19	»	»	spärliche runde und ovale	endovenöser	2	keine	†
20	»	»	semilunäre	»	12	keine	
21	»	»	spärliche semilunäre	abdominaler	10	keine	
22	»	»	runde, eirunde Halbmonde	»	1	keine	†
23	»	Sublimat	wenige semilunäre	subcutaner	14	keine	†
24	»	»	runde, seltene ovale	»	5	Vermehrung ovaler Formen	†
25	»	»	spärliche semilunäre	endovenöser	3	keine	†
26	»	»	spärliche runde	abdominaler	18	ovale, halbmondige Formen	
27	»	»	runde, ovale Halbmonde	»	5	Verminderung aller Formen	

Nachdem wir so die Resultate kurz zusammengefasst, die wir in dieser Reihe von therapeutischen Proben erhalten hatten, können wir zu einigen Betrachtungen kommen, die uns einige Schlussfolgerungen erlauben.

Bei der Richtung, welche den vorgedachten Untersuchungen gegeben wurden, hatte man zuerst Acht darauf, das Medicament dem Thiere auf den verschiedenen Wegen einzuführen, um zu sehen, ob vielleicht für einige von diesen letzteren das Medicament sich wirksamer zeigte. Bei gleicher Quantität und Dosis hat uns das Experiment belehrt, dass bezüglich der Blutparasiten der Tauben die Thätigkeit des Mittels auf den verschiedenen Wegen fast gleich ist, nur muss man einigen Vorbehalt für die auf dem venösen Wege eingegebenen Dosen machen.

Dann haben wir im Auge gehabt, das Medicament in verschiedenen Dosen, nämlich schwachen, mittelmässigen und starken, einwirken zu lassen, und diese Methode mit Gleichheit der Dosis ist immer bei der Einführung des Medicaments auf den verschiedenen Wegen beibehalten worden, um zu sehen, wie es sich im Verhältnis zu seiner Intensität in Bezug auf die Blutparasiten verhalte. Wir haben hiebei auch hinsichtlich der Taube nicht jenes sichere Kriterium ihres Gewichtes im Verhältnis zu der Quantität des einzugebenden Mittels aus dem Gesicht verloren. Wir haben so Fälle von Thieren gehabt mit raschem Tode, von mittlerer Dauer, von langer Dauer, und Fälle, wo die Thiere am Leben geblieben waren. Das Experiment hat uns gezeigt, dass die verschiedene Stärke der Dosis des Mittels keinen Einfluss auf die parasitären Formen entwickelt hat, weil die kleinen und lange fortgesetzten Gaben eine den mittleren und starken, nur für kürzere Zeit beigebrachten analoge Action gezeigt haben. Oft schien der Befund der Blutparasiten am Ende der Dauer des Experiments verschieden von dem vor der Anwendung des Medicaments gemachten. Und dies hat sich besonders in den Experimenten von mittlerer oder langer Zeitdauer beurkundet. Diese Verschiedenheiten haben jedoch nicht den geringsten Eindruck auf uns gemacht, weil sie auf die Evolutionsphasen bezüglich sind, welche der Blutparasit in seinem Lebenscyclus unabhängig von der Action jedes Mittels darbietet. Zu dieser Idee waren wir dann gebracht vom Studium über die Entwickelung dieses Hämoparasiten im Blut, nachgerade durch die Untersuchungen von Celli-Sanfelice, Grassi, Feletti u. s. w., und dann, weil die nämlichen morphologischen Variationen auch in den Controlthieren, die man mit Absicht ohne Inoculation liess, bemerkt wurden.

Wir legten bei unsern Beobachtungen Gewicht auf die innersten Modificationen des Parasiten und zwar gerade jene, welche sich auf die Form, den protoplasmatischen Gehalt, den Kern, das Pigment u. s. w. beziehen, aber derartige Veränderungen haben wir dabei nicht beobachtet.

Es ist freilich wahr, dass manchmal im Gefolge der Kur eine starke Verringerung der vorhandenen parasitären Formen

bemerkt wurde; aber auch diese Verminderung brachten wir nicht auf Rechnung der Action des Mittels; nachdem wir wissen, dass man in den Tauben jetzt eine wahre Invasion von Parasiten und später ein vollkommenes Verschwinden, unabhängig von aller Kur haben kann.

Von den angewandten Mitteln wies keines eine Specificität auf im eigentlichen Sinne des Wortes, und das eine zeigte auch keine grössere Wirksamkeit als das andere. Celli und Sanfelice, wie gesagt, die einzigen, welche Untersuchungen in diesem Betracht anstellten, erhielten freilich auch negative Resultate, durch die von ihnen gebrauchten Mittel: Arsenik, Antipyrin, Phosphorsäure, Natriumcarbonat, und unsere Resultate bestätigen hierin die ihrigen und dehnen die allgemeine Idee von der Wirkungslosigkeit vorgenannter Mittel auf die Blutparasiten der Vögel aus; jedoch sind die genannten Forscher gesonnen, einige Ausnahme bei dem Chinin zu machen, dem sie die Eigenthümlichkeit zuschreiben, die länglichen Formen rund zu machen, indem es, kurz gesagt, die Bewegungen lähmt, wie bei den wahren Hämoparasiten der Malaria des Menschen.

Ich habe nicht das Glück gehabt, das vorgenannte Phänomen zu bemerken, obschon ich viele genaue diesbezügliche Beobachtungen angestellt hatte; es kann sich aber geben, dass der Gegenstand vertieft werden muss.

So neige ich mich denn in Folge meiner Versuche und wegen der vorbemerkten Betrachtungen zu der Annahme, dass die therapeutischen Versuche mit den beobachteten Mitteln keine ordentliche Wirkung haben, merklich die Form zu verändern oder die Widerstands- und Lebenskraft der Blutparasiten der Vögel zu schwächen oder zu zerstören. Und wenn man bedenkt, dass die gebrauchten Mittel bei der Malaria-Infection des Menschen von so grossem Nutzen sind, während sie dann für die Blutparasiten der Vögel sich so unnütz zeigen, so bleibt man geneigt zu der Behauptung, dass das therapeutische Kriterium die Idee von der Einerleiheit der beiden Klassen von Hämoparasiten durchaus nicht ermuthigt.

c) Experimentelle Infectionen.

Die künstliche Malaria-Infection der Thiere ist, wie schon gesagt, specielle Präoccupation derer gewesen, die diesen Gegenstand studiren. Für Danilewsky bietet sie den Hauptversuch dar, weil er nun einmal auf Grund desselben glaubt, dass man die wahre Probe auf die pathologische Identität der beiden Arten von Hämatozoarien erhalten müsse. So habe ich denn guten Muthes eine lange Reihe Experimente angestellt, um meinen Beitrag zu der Frage zu liefern. Wie wir schon gesagt haben, sind die Beobachter, welche früher als ich über den Gegenstand etwas veröffentlicht haben, Celli und Sanfelice: gleichzeitig mit mir Grassi und Feletti, und später Laveran. Die Ergebnisse sind, wie schon angedeutet, ungleich gewesen. Grassi und Feletti werfen, um ihre negativen Resultate zu rechtfertigen, den römischen Collegen vor, dass sie bei ihren Versuchen nicht das Blut der zu inoculirenden Tauben für eine ziemliche Zahl von Tagen vor der Inoculation examinirt haben; denn die nur einige Tage lang vor und nach der Impfung angestellte Prüfung des Blutes lässt ein weites Feld für den Verdacht, dass die Infection des Thieres bei der Impfung schon bestand.

Der Einwurf ist sicherlich nicht ohne Gewicht, besonders wenn man das Factum bedenkt, dass jene Thiere, wie schon hervorgehoben ist, offenbar immun scheinen und sogar zeitweise keine Form von Parasiten im Blut zeigen können, um dann später deren in Menge zu zeigen. Laveran ist nicht einmal frei von diesen Einwürfen, sowohl für seine Experimente an Tauben wie auch an Lerchen.

Bei der Divergenz der Frage halte ich es für nützlich, die lange Reihe der von mir angestellten Versuche auseinanderzusetzen.

Meine Tauben wurden vor ihrer Gesunderklärung einer genauen Prüfung des Blutes unterworfen, die nicht unter 20 Tagen dauerte. Auch das Blut der inficirten Tauben wurde genau mehrere Tage lang geprüft, ehe es inoculirt wurde, und zwar zu dem Zweck, von den Formen, der Zahl der vorhandenen Parasiten u. s. w. Kenntnis zu nehmen. Vermittelst Pravatz'schen

oder Tursini'schen Spritze wurde aus der Achselhöhlenvene der inficirten Taube eine zum Einspritzen nöthige Menge Blut aufgesogen. Die gewählten Injectionswege sind gewesen der hypodermische an einem oder mehreren mit den gewöhnlichen Vorsichtsmassregeln präparirten Punkten des Rückens, der endovenöse in eine der Venen der Flügel oder in die Vena jugularis, die Via endoabdominalis und die Via endothoracica durch Eindringen mit der Nadel der Spritze in die Cavitas thoracica von der Rückenseite bis zur äussersten Grenze der Wirbelsäule. Durch diese Thoraxinoculation erhielt man, insonderheit bei den ersten Versuchen einige tödtliche Misserfolge bei dem Thier, die der Operationsweise zu verdanken sind. Celli und Sanfelice haben bei ihren Experimenten, anstatt mit einer Pravatz'schen Spritze das Blut unmittelbar aus den Blutgefässen zu entnehmen, um es schnell den Thieren einzuimpfen, aus gerechter Furcht vor dem raschen Gerinnen des Blutes und auch, um davon eine hinreichende Menge zu erhalten, die folgende Methode vorgezogen: Aderlass einer Vena jugularis, Aufnahme des Blutes in einem Glasrecipienten, der mit Glaskügelchen sterilisirt und dann mit ihm in einen Ofen zu 37° gehalten war; darauf minutenlanges starkes Schütteln des Blutes. Bei solchem Verfahren verbleibt auf der Oberfläche eine Flüssigkeit, ein durch rothe Parasiten mit normalen Erscheinungen enthaltende Blutkörperchen sehr stark gefärbtes Serum. Auf Grund ihrer Resultate sind die Genannten am besten im Stande zu bekräftigen, dass der möglichste Weg für die Infection die Via intrapulmonaris ist.

Darum haben wir ausser unseren Experimenten noch andere unternommen, mit Wiederholung der von den Autoren gewählten Methode und mit Befolgung auch des nämlichen Inoculationsweges, um uns in ihre identischen Bedingungen zu versetzen.

Um nicht aus dem Tagebuch des Laboratoriums die zahlreichen Untersuchungen, die uns all zu weit führen würden, herüber zu schreiben, beschränken wir uns darauf, sie in folgende Tabellen kurz zusammenzufassen. Es sind 18 auf der Via hypodermica, 35 endovenosa, 12 intrapulmonaris, 6 intraabdominalis, 12 mit der Methode Celli-Sanfelice; im Ganzen 83 Experimente.

Bei allen Thieren stellte man nach ihrer Inoculation eine strenge Prüfung des Blutes an, eine möglichst lange Zeit hindurch, wie sich übrigens besser aus den hier kurz gefassten Zusammenstellungen hervorhebt.

Experimentelle Infectionen.

I. Via hypodermica.

Zahl der Experimente	Versuchsthier	Befund des zu inoculirenden inficirten Blutes	Menge des inoculirten Blutes	Dauer der Beobachtung in Tagen	Resultat der Beobachtung
			ccm		
1	Gesunde Taube	überwiegen semilunärer Formen	2	26	negativ
2	»	do.	2	32	do.
3	»	do.	2	28	do.
4	»	do.	3	20	do.
5	»	do.	3	25	do.
6	»	do.	4	42	do.
7	»	do.	4	35	do.
8	»	nur semilunäre Formen	5	30	do.
9	»	do.	5	38	do.
10	»	do.	5	40	do.
11	»	do.	3	36	do.
12	»	do.	3	32	do.
13	»	do.	2	28	do.
14	»	do.	2	26	do.
15	»	do.	4	31	do.
16	»	runde und ovale Formen	5	38	do.
17	»	do.	4	29	do.
18	»	do.	2	26	do.

II. Via endoabdominalis.

1	Gesunde Taube	runde, ovale Halbmonde	3	22	negativ
2	»	do.	4	29	do.
3	»	nur runde Formen	4	35	do.
4	»	do.	5	40	do.
5	»	nur semilunäre	5	60	do.
6	»	do.	2	90	do.

III. Via endovenosa.

Zahl der Experimente	Versuchsthier	Befund des zu inoculirenden inficirten Blutes	Menge des inoculirten Blutes	Dauer der Beobachtung in Tagen	Resultat der Beobachtung
			ccm		
1	Gesunde Taube	ovale u. semilunäre Formen	1	24	negativ
2	»	do.	1	28	do.
3	»	do.	2	26	do.
4	»	do.	2	30	do.
5	»	do.	3	45	Anwesenheit einiger Formen bis zu 28 Stunden
6	»	überwiegen v. Halbmonden	1	28	negativ
7	»	do.	1	30	do.
8	»	do.	1	32	do.
9	»	do.	1	33	do.
10	»	do.	3	42	Gegenwart weniger semilunäre Formen bis zu 24 Stunden
11	»	do.	3	36	do.
12	»	runde und ovale Formen	1	15	negativ
13	»	do.	2	8	do.
14	»	do.	2	18	do.
15	»	do.	2	34	do.
16	»	do.	3	32	Anwesenheit von Formen bis zu 3 Stunden
17	»	nur semilunäre	1	24	negativ
18	»	do.	2	25	do.
19	»	do.	3	30	do.
20	»	do.	3	28	Gegenwart von Formen bis zu 4 Stunden
21	»	do.	1	19	negativ
22	»	do.	1	40	do.
23	»	in allen Stadien	1	35	do.
24	»	do.	1	38	do.
25	»	do.	2	29	do.
26	»	do.	2	45	do.
27	»	do.	3	40	Gegenwart einiger Formen bis zu 3 Stunden
28	»	do.	1	32	negativ
29 bis 35	7 Tauben	semilunäre	3—5	v. 1 Std. bis zu 3 Tagen	todt wegen der Operationswunde

IV. Via intrapulmonalis.

1	Gesunde Taube	runde und ovale Formen	1	16	negativ
2	»	do.	5	6 Std.	todt
3	»	do.	2	24	negativ
4	»	vorwiegend semilunäre	2	20	do.

IV. Via intrapulmonalis. (Fortsetzung.)

Zahl der Experimente	Versuchsthier	Befund des zu inoculirenden inficirtes Blutes	Menge des inoculirten Blutes	Dauer der Beobachtung in Tagen	Resultat der Beobachtung
			ccm		
5	Gesunde Taube	vorwiegend semilunäre Formen	1	30	negativ
6	»	do.	1	45	do.
7	»	nur kleine runde	4	2 Std.	todt
8	»	do.	2	15	negativ
9	»	do.	1	28	do.
10	»	nur semilunäre	1	36	do.
11	»	do.	3	1 Std.	todt
12	»	do.	1	1 Std.	do.

V. Via intrapulmonalis (Methode Celli-Sanfelice).

Zahl der Experimente	Versuchsthier	Befund des zu inoculirenden inficirtes Blutes	Menge des inoculirten Blutes	Dauer der Beobachtung in Tagen	Resultat der Beobachtung
1	Gesunde Taube	nur runde, kleine Formen	1	36	negativ
2	»	do.	1	40	do.
3	»	überwiegen semilunäre	1	28	do.
4	»	do.	2	40	do.
5	»	do.	3	42	do.
6	»	do.	5	1 Std.	todt
7	»	ovale und halbmondige	1	29	negativ
8	»	do.	2	38	do.
9	»	do.	1	28	do.
10	»	in allen Stadien	2	1 Std.	todt
11	»	do.	1	36	negativ
12	»	do.	1	48	do.

Es genügt einen Blick auf die vorstehenden Tabellen zu werfen, um leicht die Schlussfolgerungen zu ziehen, zu denen die Resultate der Untersuchungen führen; jedoch muss ich einige davon (d. h. Resultate) näher beleuchten.

In der ersten und zweiten Reihe der Inoculationen auf hypodermischem und abdominalem Wege (24 Experimente) hatte ich keinen Thierverlust zu beklagen und habe für die nicht kurze Zeit, wo sie in Beobachtung standen, einen ständig negativen Befund des Blutes der gesunden inoculirten Tauben zu erhalten vermocht. Bei der dritten Reihe der endovenösen Inoculationen (35 Experimente) habe ich 7 Tauben gehabt, in deren Venen

eine nicht unbedeutende Menge (3—5 ccm) inficirtes Blut eingelassen wurde; sie starben in einem von 1, 2 Stunden bis zu 3 Tagen wechselnden Zeitabschnitt. Auf diese Todesbefunde lege ich keinen Werth, weil ich, wie ich auch richtig konnte beobachten und mich überzeugen, den Misserfolg der Operationswunde und ihren Folgen zugeschrieben habe. Dann habe ich 22 Tauben gehabt, die für einen verhältnismässig langen Zeitraum in Beobachtung gehalten wurden und in denen der Blutbefund nach der Einimpfung ständig negativ war. Es ist gut darauf hinzudeuten, dass die Prüfung erst 24 Stunden nach der Inoculation vorgenommen werden konnte. Schliesslich bleiben weitere 6 Fälle, wo man die Beobachtung unmittelbar nach geschehener Inoculation anstellen konnte. In diesen 6 Fällen war man im Stande, das Vorwalten einiger inoculirter Formen zu bemerken während einer Zeitperiode von einigen Stunden bis zu 1—2 Tagen. Diese Befunde, beinahe analog den von Laveran erhaltenen, welcher in Folge der endovenösen Inoculation bei 10 inoculirten Täubchen, in 2, auch 2—3 Tagen, einige endoglobulare, parasitäre, seltene Formen, die dann plötzlich verschwanden, constatiren konnte — müssen durchaus nicht als gelungene Fälle angesehen werden und zwar aus verschiedenen Gründen, welche sich leicht begreifen lassen und unter denen sich der befindet, dass bei einem Fall von gelungener Inoculation die genannten, schon an sich sparsamen Formen, nicht nach kurzer Zeitdauer verschwinden, sondern statt dessen eine längere Zeit beharren und ihre natürlichen Entwickelungsphasen verfolgen sollten. Sodann ist die andere Thatsache nicht weniger wichtig, dass, wenn diese Blutparasiten einmal in den Kreis eingetreten sind, sie kein Anzeichen von Incubationsperiode darbieten, wie die malarischen Hämoparasiten; und man kann dagegen an den gröberen Fall denken, dass, wenn mit der Inoculation eine enorme Menge dieser Hämoparasiten in's Blut dringt, nicht alle gleicherweise und in kürzester Zeit zerstört werden können. Uebrigens sind wir noch vollständig mit den Gründen unbekannt, weshalb die (nach den gewöhnlichen Methoden geimpften) Tauben eine Immunität bei der künstlichen Infection zeigen wegen

einer Art Parasiten, die ihnen bei der natürlichen Infection gemein sind.

Dann haben wir in der 4. Reihe von Untersuchungen auf endopulmonalem Wege 12 Experimente; wenn mir von diesen 4 Fälle vom Fehlschlagen abziehen, bleiben noch 8, deren Resultat den andern gleichförmig, d. h. negativ war.

In der 5. Reihe haben wir die 12 anderen nach der Methode von Celli und Sanfelice angestellten Experimente; von diesen, wenn wir zwei Fälle von einem Nichterfolg ausnehmen, bleiben 10 andere Fälle, bei denen das Resultat den andern gleichförmig, d. h. negativ war.

So ist denn, wenn wir alles kurz zusammenfassen, bei unseren nicht wenigen Experimenten (83) das Ergebnis immer ständig negativ gewesen. Aber mit diesem Schluss, der auf unsere 83 negativen Experimente und auf 24 auch negative von Grassi und Feletti (die zusammen vereinigt das Hundert übersteigen) sich ergibt, wollen wir nicht die weniger positiven (3 bei 6) von Celli und Sanfelice erlangten abschwächen; denn es soll durchaus nicht ausgeschlossen werden, dass unter gewissen gegebenen Bedingungen, die uns unbekannt sind und die uns für jetzt entgehen, auch die Thiere die künstliche Infection auf dem Wege der Inoculation des inficirten Blutes empfangen können. Und doch glauben wir, dass von Seite der glücklichen Autoren weitere Untersuchungen, die darauf hinzielten, den vorangedeuteten Gedanken zu erklären, gelegentlich nützlich gewesen wären, wenn nur, wohl verstanden, die neuen Experimente vor jedem Vorwurf und insonderheit vor den ihnen schon gemachten gesichert sind. Der Schluss inzwischen, den unsere Untersuchungen zu ziehen uns erlauben, ist ersichtlich genug: dass nämlich die Uebertragung der parasitären Infection auf die gesunden Tauben vermittels Inoculation von Blut inficirter Tauben, nicht erreicht wird, ist der Weg auch, worauf diese Infection versucht wird, welcher er wolle.

Dieser Schluss bringt uns auf eine Beobachtung, welche sich an die Hauptfrage von der Nicht-Identität der beiden Parasitenspecies in pathalogischer Beziehung anschliesst. Wenn es wirklich

möglich ist, bei der Malaria-Infection die Ansteckung von Individuum auf Individuum vermittelst des Blutes zu übertragen und wenn dasselbe Resultat bei den Hämoparasiten der Vögel durch Impfung des Blutes von Thier auf Thier (Taube) nicht erreicht wird, dann muss man doch zugeben, dass die Grundlage, worauf man die Idee vom pathologischen Kriterium für die gewollte Identität auferbaut, vollständig mangelt.

II. Reihe.

Die Experimente der ersten Reihe, jene der künstlichen Infection insbesondere, betreffen einseitig nur die Idee der von Danilewsky behaupteten Identität und daher kommt die Nothwendigkeit einer zweiten Reihe von Untersuchungen, die ich (sit venia verbo) den epidemiologischen Theil des Problems nenne, welcher das Studium der localistischen Frage und seinen Einfluss bei der Verbreitung der Infection in sich begreift, wohlverstanden, verglichen mit den bekannten Factoren der Malaria-Infection des Menschen. Nur auf diese Weise konnte der Gegenstand vollständiger studirt werden.

a) Lokalistischer Einfluss auf die natürliche Infection der Tauben.

Wo nehmen die Tauben die parasitäre Infection?

Das ist die erste Frage, die sich dem Geiste aufdrängt, und deren Beantwortung übrigens viel Licht auf das Thema zu werfen im Stande ist. Wenn einmal die Annahme der Identität der Parasiten der Vögel mit den malarischen des Menschen gegeben, so muss man sofort daran denken, dass die genannten Parasiten sich an den malarischen Orten finden müssen. Zu diesem Behuf bestehen die ersten von uns angestellten Untersuchungen in einer längeren Beobachtung des Blutes von an malarischen Orten aufgewachsenen Haustauben, und deshalb als eine Control-Untersuchung die analoge Beobachtung des Blutes von Haustauben, die in Städten, an der Gesundheit zuträglichen Orten und in jenen gesunden, für malariafrei gehaltenen Centren geboren und ernährt wurden.

Zum Studium des ersten Theils habe ich mich absichtlich an verschiedene malarische Orte begeben, während der malarischen

Jahreszeit und während der guten. Ich habe lieber meine Beobachtungen für den ersten Theil unmittelbar an den malarischen Localitäten anstellen, als die Tauben jener Orte in die Stadt befördern wollen, um mich möglichst gegen die Einwendung zu schützen, dass im Fall negativen Befundes dieser sich stützen möchte auf den Einfluss der neuen Atmosphäre, des Wohnungswechsels oder auf das verschiedene Regimen der Ernährung nnd des Lebens. Für den zweiten Theil studirten wir die Haustauben, die in den verschiedenen Stadtvierteln, und andere, die an verschiedenen Punkten des Landes, auf der Barriera des Bosco, wahren heilskräftigen Orten, gekauft waren.

Es waren auch die Experimente der Gegenprobe erforderlich für das Studium der Art und Weise des Verhaltens der gesunden Tauben gesunder Orte an malarischen Orten und der gesunden Tauben malarischer Orte an gesunden Orten.

Der Tauben, die wir examinirt haben für diese Reihe von Untersuchungen an den verschiedenen Orten und in den verschiedenen Jahreszeiten und während dreier Jahre, sind sehr viel. Ich habe ein reichhaltiges Protocoll der bei dieser Gelegenheit gemachten Beobachtungen gesammelt, und viele von ihnen werden Gegenstand einer anderen Arbeit über eine verwandte Frage sein. Ich nehme also aus dem Tagebuch des Laboratoriums nur die Untersuchungen, welche für das gegenwärtige Studium dienen.

Glücklicherweise fallen bei der grossen Mehrzahl von Fällen die Parasiten der Vögel in den mikroskopischen Untersuchungen von frischem Blut leicht in's Auge; und die Beobachtung macht sich so zu sagen verhältnismässig leicht für den, welcher ein an diese Untersuchungen gewöhntes Auge hat, und erfordert also wenig Zeit, besonders wenn man eine verständige Hülfe bereit hat. Auf der anderen Seite sind die Tauben in unserer Gegend im Ueberfluss vorhanden und hat man sie leicht bei der Hand. Sie vertheilten sich in eine oder zwei Schaaren oder gar je nach der Menge in drei oder vier Schaaren; und so fiel die tägliche, mikroskopische Beobachtung auf die Tauben der ersten oder zweiten Schaar, um sie Tags darauf an denen der dritten oder

vierten Schaar zu wiederholen. Und so kam jede Taube regelmässig dran, jeden Tag oder alle zwei Tage und so fort eine ziemliche Zeit lang untersucht zu werden.

Es ist durchaus nicht unnütz, darauf hinzudeuten, dass oft und insonderheit in den zweifelhaften Fällen ausser den einfachen, frischen Blutpräparationen, dauernde Präparationen gemacht wurden, die man mit dem gewöhnlichen Anilin oder mit den, den menschlichen Malaria-Parasiten eigenen Färbungen färbte.

1. Tauben von malarischen Orten während der malarischen Jahreszeit.

Die im Ueberschuss vorhandenen, in malarischer Gegend von uns für dieses Studium ausgewählten Tauben stammten nicht aus anderen Orten; sie waren so zu sagen eingeboren, in der Gegend geboren und gewachsen, aufgezogen im Haus und Hof, frei oder im Käfig gehalten.

Die malarische Gegend, von der wir reden, ist der Gürtel Land, welcher zwischen Acicastello und dem ganzen Küstenstrich von Capomolini begriffen ist und als stark malarisch während der sommerlich-herbstlichen Jahreszeit classificirt ist. Die geprobten Tauben gehörten den zerstreuten Meiereien der Gegend an (Capo-Molini — Hanf- und Flachsröste, Molino nuovo, Rocca tagliata, Metallisa, Torre Santa Anna u. s. w.). — An 70 Tauben, deren Blut methodisch beobachtet wurde während der ganzen sommerlich-herbstlichen Jahreszeit an den vorgenannten Orten selbst, habe ich 19, d. h. ungefähr 27% inficirt gefunden. Einige sind 1 bis 2 Monate lang, andere 3 Monate, wieder andere eine längere Zeit hindurch inficirt geblieben.

2. Tauben aus malarischen Orten während des Winters.

Der Tauben, die wir studirt und deren Blut während der Monate Januar, Februar, März mikroskopisch beobachtet haben, sind 60. Von diesen wurden 10 inficirte gefunden und andere 3 inficirten sich gegen Ende März. Wir haben also im Ganzen 13 inficirte Tauben, d. h. 21%.

3. Tauben gesunder Orte (Stadt) während der verschiedenen Jahreszeiten.

Von 66 in der Stadt aufgezogenen und in all den verschiedenen, mehr oder weniger gesunden, aber für frei von Malaria gehaltenen Vierteln derselben sind 18 inficirt gefunden worden während der sommerlich-herbstlichen Jahreszeit, d. h. 27 %; weiter sind von 48 während des Winters examinirten Tauben 9 inficirt gefunden worden, d. h. 18 %.

Ein grösseres Quantum von inficirten Tauben hat sich bei den in den Höfen freigehaltenen gefunden, welche gezwungen sind, sich das tägliche Brod selbst zu verschaffen, als bei den im Käfig aufgezogenen.

4. Tauben aus sehr gesunden Orten (Land).

Zu dieser Kategorie gehören nur 26. Auf dem Lande, in den Bauernhäusern werden diese Thiere besonders in den Höfen aufgezogen. Von ihnen, die fast einen Monat lang beobachtet wurden, fanden sich 7 inficirt, nämlich 23 %.

5. Gesunde Stadttauben, in malarische Orte während der malarischen Jahreszeit befördert.

Es werden nach Capo-Molini im Monat August während der Röstung des Leines 36 gesunde, mit mikroskopischer Beobachtung viele Tage lang controlirte Tauben gebracht. Man legt Colonien von Tauben in Käfigen in den angrenzenden malarischen Orten an: Metallisa, Capo-Molini, Rocca tagliata, verschiedenen Meiereien des Ortes, innerhalb des Lein-Magazins, am Rande der Röstbecken, auf den Trockenböden, auf den zu röstenden Lein u. s. w. Nach ungefähr 2 Monaten Verweilens an den vorgenannten Orten, während deren Verlauf jede täglich oder alle zwei Tage behandelt wurde, zeigten sich 8 Tauben inficirt, d. h. 22 %.

6. Gesunde Stadttauben, die an malarische Orte während der guten Jahreszeit befördert wurden.

Im März und April werden 24 gesunde, einige Zeit lang in der Stadt beobachtete Tauben, die man immer parasitenfrei gefunden hatte, in die vorbezeichneten Orte befördert (Capo-Molini,

Maceratojo, zerstreute Meiereien, Metallisa u. s. w.) und gruppenweise in Käfige vertheilt. Nach einem Monate waren schon 2 inficirt, am Ende des zweiten Monats 3 andere, so dass sich im Ganzen 5, d. h. 22 % inficirten.

7. Gesunde Tauben, aus malarischen Orten in gesunde (Stadt) gebracht.

Auf diese Beobachtung beziehen sich 12 Tauben, welche an den verschiedenen malarischen Orten gesammelt und dann im April ins Laboratorium herübergebracht wurden. Ungefähr zwei Wochen lang vorher hatte ich mich ihrer Gesundheit versichert mit der methodischen Beobachtung des Blutes. Sechs von diesen Tauben wurden frei im geschlossenen Hof gehen gelassen, sechs andere wurden in Ställen in einen Käfig gesetzt. Nach anderthalb Monaten zeigte sich inficirt eine der freien und nach zwei Monaten auch eine von denen im Käfig. Das macht im Ganzen unter 12 Tauben zwei inficirt, d. h. 16 %.

8. Gesunde Tauben in malarischen und gesunden Orten in verschiedenen Höhenlagen.

Diese Experimente wurden zu dem Zwecke gemacht, um den Einfluss der Höhenlage bei der Verbreitung der Infection zu sehen, d. h. ob die Parasiten der Vögel sich häufiger gegen die tiefen oder die hohen Bodengegenden finden, und sodann, wo die Tauben mit mehr Wahrscheinlichkeit sich inficiren können.

Bei dieser Beobachtung begreift man gesunde, an gesunden Stellen der Stadt und an sehr gesunden des Landes zusammen ebenso gesunde, an malarischen Orten während der Malaria-Jahreszeit und während der guten aufgezogene Tauben. Weil die Ergebnisse übereinstimmend sind, so verknüpfen wir alle diesbezüglichen Untersuchungen. Die Beobachtung wurde ungefähr 3 Monate fortgesetzt.

		Höhe	Inficirt
Nr. 6 Tauben, gesunde,	an gesunden Orten, gehalten im Käfig, Terrasse	24 m	0
» 6 » »	an gesunden Orten, gehalten im Käfig, Terrasse	13 »	0
» 6 » »	an gesunden Orten, gehalten im Käfig, Terrasse	7 »	0
» 6 » »	an gesunden Orten, gehalten im Käfig, Erdboden	0 »	1

	Höhe	inficirt
Nr. 6 Tauben, gesunde, an gesunden Orten, frei im Hofe, Erdboden	0 »	1
» 6 » » an sehr gesunden Orten, im Käfig, Terrasse	15 »	0
» 4 » » an sehr gesunden Orten, im Käfig, Terrasse	8 »	0
» 6 » » an sehr gesunden Orten, frei im Hofe, Erdboden	0 »	2
» 6 » » an malarischen Orten, im Käfig, Erdboden	16 »	0
» 6 » » an malarischen Orten, im Käfig, Erdboden	8 »	0
» 6 » » an malarischen Orten, frei im Magazin	0 »	1

Fassen wir alles kurz zusammen, was oben auseinandergesetzt ist, so geht daraus klar hervor, dass die gesunden Tauben ohne Unterschied so gut an malarischen Orten wie an gesunden, höchst gesunden angesteckt werden können und es scheint, dass der mittlere Procentsatz der Tauben, welche an den malarischen Orten sich inficiren, sich nicht viel unterscheiden vom demjenigen der Tauben, welche in der Stadt und Land inficirt werden. Dagegen scheinen die Jahreszeiten einen gewissen Einfluss auf die Infection der Tauben zu haben, weil die Durchschnittszahl der Inficirten im Winter geringer ist als diejenige der Inficirten im Sommer und Herbst. Ein merkwürdiges Factum ist, dass die Infection leichter in den niederen Zonen des Erdreichs als in den hohen verbreitet wird; und diess lässt an die Wahrscheinlichkeit denken, dass die Hämoparasiten der Tauben bei den normalen Bedingungen der Atmosphäre sich nicht viel erheben können wegen ihrer Grösse und ihres specifischen Gewichts; wenn auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass sie durch die Winde in die Weite und in die Höhe befördert werden können. Danach glauben wir, zu dem allgemeinen Schluss kommen zu können, dass die Parasiten der Vögel (Tauben) sich überall zerstreut finden, so an malarischen Orten wie an gesunden, und dass die Infection nicht an die speziellen Bedingungen des malarischen Bodens gebunden ist, da die Tauben bei ihren natürlichen Lebensbedingungen sie an jedem Tage und zu jeder Jahreszeit eingehen können. Es bliebe so fast gar kein specifischer örtlicher Einfluss bei der Verbreitung der Infection. Daraus folgt mit

Nothwendigkeit, dass diese Parasiten sich von den malarischen unterscheiden, auch wegen der Bedingungen des Ortes und der Atmosphäre, indem die des Menschen an specielle Lebensbedingungen in bestimmten Orten und unter dem Einfluss bekannter Factoren gebunden sind, während dagegen diejenigen der Tauben an keine der vorgenannten Bedingungen gebunden ist.

b) Zusammenleben gesunder Tauben mit inficirten.

Wenn die Parasitär-Infection auf dem Wege der Bluteinimpfung von inficirter auf heile Taube nicht übertragen werden kann, so kann man doch nicht sagen im absoluten Sinne, dass es nicht andere Verpflanzungswege gebe. Das Zusammenleben, das bei diesen Thieren so intim ist, kann dem Studium der vorliegenden Frage sehr gut neue Wege eröffnen. Bei dem Studium der Infectionen darf dieses Kriterium durchaus nicht vergessen werden. Bekannt sind die Infectionen in den Ställen, wo zusammen mit angesteckten Thieren gesunde Thiere leben, welche durch unmittelbare Berührung die Ansteckung der Gefährten sich zuziehen. Bekannt sind die Infectionen vermittels des Kothes und der Bodensätze und die Infectionen bei den Thieren, welche gezwungen sind, ihre Nahrung unter den Abfällen und dem Auswurf inficirter Thiere zu wählen, und endlich wohnen wir manchmal auch Fällen von Infection bei, durch Zusammenleben von inficirten Thieren mit den gesunden, bei denen uns der Weg der Uebertragung entgeht oder nicht recht klar erscheint.

Darum habe ich zu dem Zwecke, einen Beitrag zu der Frage zu stellen, einige Untersuchungen in diesem Bezuge unternommen.

In gesunden Lokalen, innerhalb des Gartens des Institutes werden drei grosse Käfige gehalten; in einem ersten habe ich 6 inficirte und 6 gesunde Tauben gesetzt, in einem zweiten 5 inficirte und 11 gesunde, und in einem dritten 6 gesunde zur Controle. Um die möglichen Verwechselungen zu vermeiden, werden die inficirten Tauben regelmässig mit Fuchsin auf dem Kopfe markirt, die gesunden sind ohne Färbung. Zwei Wochen lang waren die Versuchstauben schon Gegenstand methodischer mikroskopischer Beobachtung des Blutes gewesen.

Man gab den Thieren Morgens und Mittags zu fressen, indem man eine Portion auf den Grund des Käfigs, d. h. auf den Boden fallen liess, und eine Portion in kleinen Kübelchen. Die Reinigung der Käfige geschah alle zwei bis drei Tage. Für alle Thiere machte man die Versuchsbedingungen gleich. Das Examen des Blutes der gesunden Tauben geschah alltäglich, das der inficirten alle zwei Tage. Die Tauben der drei Käfige wurden ungefähr 3 Monate lang beobachtet.

Hier sind kurz die Resultate. Im ersten Käfig (6 inficirte, 6 gesunde Tauben) zeigten 2 von den inficirten Tauben nach ungefähr einem Monat eine bemerkenswerthe Verminderung der parasitären Formen, 2 eine zeitweilige Heilung, weil die Formen verschwunden waren und nach einiger Zeit wieder erscheinen, 2 nichts Bemerkenswerthes. Von den 6 mit ihnen zusammenlebenden gesunden Tauben hielten sich 5 normal, 1 zeigte sich nach fast 2 Monaten inficirt.

Im zweiten Käfig (5 inficirte, 11 gesunde Tauben) zeigten von den inficirten Tauben 2 ein schrittweises Abnehmen der parasitären Formen, 3 nichts Bemerkenswerthes. Von den 11 gesunden Tauben hielten 10 sich normal und nur eine einzige zeigte sich nach anderthalb Monaten inficirt.

Im dritten, dem Controlkäfig, (6 gesunde Tauben) zeigte sich 1 nach anderthalb Monaten inficirt, 5 erhielten sich gesund.

Wie man aus dieser kurzen Rechnungsablegung sieht, konnte man sowohl im Controltaubenkäfig als in den beiden Käfigen, wo gesunde Tauben mit inficirten gemischt waren, Fälle von Infection constatiren, wie auch eine von den inficirten zeitweilig genas. Muss man nun die hinzugekommenen neuen Ansteckungsfälle mit diesem oder jenem Wege von Uebertragung durch das Factum des Zusammenlebens oder mit der Möglichkeit verbinden, dass die gesunden Tauben, unabhängig von den andern inficirten, besonders auf ebener Erde, selbst sich die Ansteckung zuziehen können? Ich nehme die zweite Ansicht an, und in der That, wenn man das Zusammenleben vorbringen sollte, so wüsste man sich nicht zu erklären, warum sich die Infection nur auf ein Thier beschränkt, warum dies so spät geschieht, und wusste ferner auch die Infection der Taube im Controlkäfig nicht zu erklären;

im Gegentheil scheint es, diese letzte Beobachtung sollte genügen, um jede andere Möglichkeit auszuschliessen.

Ich folgere also: es scheint, dass das Zusammenleben der gesunden Tauben mit den inficirten keinen Einfluss habe auf das Uebertragen der Infection von Taube zu Taube, dass man dagegen solche für an die gemeinsamen Ortsbedingungen gebunden erachten muss. Professor Grassi theilte mir mündlich mit, dass seine Ergebnisse bei ähnlichen, von ihm an Spatzen gemachten Versuchen den meinen identisch gewesen sind.

c) Einfluss der Erblichkeit auf die Infection.

Die früheren Versuche haben Raum gemacht einer anderen Ordnung von Experimenten. Im Laufe aller dieser Untersuchungen war es uns verliehen, in den Käfigen, wo die inficirten Tauben gehalten wurden, oft einige Eier zu finden. Manchmal gelang es, die Eier zu entnehmen und ebenso die Tauben, welche sie gelegt hatten, für die Brut. Die Mehrzahl dieser Eier wurde jedoch unvollständig ausgebrütet; von einem anderen, wenn auch kleinen Theile Eier erhielt man schon todtgeborene Täubchen oder solche, welche nach kurzer Zeit starben, und solche, die glücklich aufkamen.

Wir haben so neues, aus Eiern, Nestlingen und Täubchen, die von inficirten Alten herkommen und, was letztere betrifft, auch von diesen aufgezogen werden, bestehendes Material, auf das wir unsere Untersuchungen haben leiten können. Zu diesem Studium wurde ich gebracht durch einige diesbezügliche von Danilewsky gemachte Beobachtungen. Dieser Forscher hatte im Blute von Jungen die Anwesenheit parasitärer Formen bemerken können. Um diese von ihm erblich genannte Infection zn erklären, nimmt er die Möglichkeit einer Uebertragung an während der Bildung der Eiweissschicht um das Ei herum im Tubus von Falloppio. Der Embryo des Hämatozoons, zufällig aus dem Blut entwichen, könnte in den Körper des Embryo und in sein Blut eindringen, wo er sich zu entwickeln vermag. Als aber Danilewsky später diese Parasitärformen in den Jungen verschiedener Arten von Vögeln und sie nur bei denen gefunden, welche die

Speise durch die Einschnäbelung der Alten erhalten und nicht bei denen, die sich von selbst ernähren können, so verbesserte er die erste Behauptung und liess mit grösserer Wahrscheinlichkeit zu, dass die Ueberpflanzung der Infection in den gewöhnlichen Fällen mit dem eingeschnäbelten Futter der inficirten Alten vor sich gehen muss.

Die Experimente des vorhergehenden Kapitels über das Zusammenleben möchten wohl bis zu einem gewissen Punkte die zweite Behauptung Danilewsky's nicht unterstützen, und in der That wird sie auch nicht von den Beobachtungen unterstützt, welche bei von inficirten Alten gefütterten Jungen angestellt wurden. Das Examen des Blutes dieser Jungen liess nie auf irgend eine parasitäre Form stossen. Und auch die erste Hypothese würde keine Bestätigung finden in unseren Beobachtungen, die wir an den Eiern, den Embryonen, den Nestlingen, bei denen das genaueste Examen negativ gewesen ist, angestellt haben.

Um die Wahrheit zu sagen, waren unsere diesbezüglichen Untersuchungen nicht zahlreich; sie würden jedoch in ähnlichen Beobachtungen von Grassi und Feletti bei Sperlingen eine Bestätigung erhalten. Nie haben diese Forscher in ihren Untersuchungen an Eiern auf dem Wege der Entwickelung und an Nestlingen parasitäre Formen gesehen, während sie im Blut der Flüggen auf solche gestossen sind. So dass wegen dieses und auch wegen des andern Factums, dass die inficirten Alten zahlreich und die Nestlinge wenige sind, welche die Infection zeigen, musste man nach ihnen die erbliche Infection und jene auf dem Wege des Aufziehens ausschliessen und rationeller die natürlichste Infection annehmen, nämlich die von Seiten der Atmosphäre.

d) Versuchs-Inoculationen.

Die Grundfrage, die Danilewsky vorgelegt, aber nicht durch das Experiment auf die Probe gestellt hat, um die Identität der Hämoparasiten der Vögel mit den malarischen des Menschen zu beweisen, war die Inoculation des Blutes vom malarischen Menschen auf gesunde Vögel und des Blutes von inficirten Vögeln auf gesunde Menschen. Seine Studien führten ihn zu dem

festen Glauben, dass solche Versuchsproben die wahre Controle für die Idee der Identität und das pathologische Kriterium gewesen wäre.

Die Einimpfung von malarischem Blut in verschiedene gesunde Thiere ist, wie wir in dieser Arbeit gesehen haben, seit längerer Zeit ohne irgend welchen Erfolg versucht worden. Es genügt, einen Blick auf die neuen Untersuchungen von Celli und Sanfelice u. A. zu werfen, von denen wir schon des Weiteren gesprochen haben, um alles zu sehen, was diese wohl verdienten Beobachter in ausgedehntem Maasse gethan haben. Ausser den gewöhnlichen Versuchen mit Milzsaft eines an der Perniciosa verstorbenen Individuums, mit welchem Saft sie die gewöhnlichen Thiere für das Laboratorium (Meerschweinchen, Kaninchen, Mäuse u. s. w.) impften, haben sie auch verschiedene Species Vögel, Tauben, Turteltauben, Eulen, Grünfinken geimpft, aber immer mit negativem Resultat.

Doch allein wegen des Factums, dass bei geänderter Modalität des Experiments ein negatives Ergebnis vielleicht positiv werden kann, haben wir andere Experimente versuchen wollen. Wir haben 16 Tauben mit Blut inoculirt, das von einem malarischen Individuum herrührte, welches unregelmässige Fieber litt und im Blute Halbmondformen hatte.

Die Impfung wurde an 5 Tauben hypodermisch, an 7 auf dem endovenösen, an 4 auf dem abdominalen Wege gemacht. Das Blut des malariakranken Individuums wurde vermittels eines kleinen Aderlasses aus der Vena basilica entnommen.

Die Tauben waren vor der Impfung ein paar Wochen hindurch mit mikroskopischer Beobachtung des Blutes controlirt worden, um mich zu vergewissern, dass sie gesund waren. Nach Ausführung der Impfung wurden sie nach 2, 4, 6, 8 Stunden und dann regelmässig täglich oder alle zwei Tage beobachtet.

Wir fassen alle in diesem Bezug gemachten Versuche in der Tabelle auf S. 290 kurz zusammen.

Wie man sieht, ist unser Ergebnis demjenigen der anderen Beobachter identisch gewesen, das ist immer negativ. Ein einziges Mal schien es uns bei den Experimenten auf dem endovenösen Wege, nach 4 Stunden, die seit der Inoculatiou verflossen waren,

einige Halbmonde zu sehen, geschwollenen Enden und abgerundet waren, diese wurden für eine Form auf dem Wege der Zerstörung angesehen. Nach jener Beobachtung war es uns nicht verliehen, auf andere solche zu stossen.

1. Inoculation von Blut malarischer Menschen in gesunde Tauben.

Ordnungszahl d. Experimente	Befund d. Blutes des malarischen Menschen	Qualität u. Quantität d. inoculirten Blutes ccm	Versuchs thiere	Via der Inoculation	Dauer d. Beobachtg. in Tagen	Ergebnis der Beobachtung
		nicht defibrin.				
1	semilunäre Formen und kleine endoglobuläre Amoeben	2	Taube	hypodermica	30	negativ
2	do.	3	»	»	28	»
3	do.	5	»	»	45	»
4	do.	4	»	»	38	»
5	do.	5	»	»	45	»
		defibrinirt				
6	do.	1	»	endovenosa	20	»
7	do.	1	»	»	30	»
8	do.	2	»	»	40	nach 4 St. zweifelhafte Semiluna die verschwand
9	do.	1½	»	»	27	negativ
		nicht defibrinirt				
10	do.	1	»	»	45	»
11	do.	2	»	»	30	»
12	do.	2	»	»	28	»
13	runde, pigmentirte	1	»	endoabdominalis	30	»
14	do.	2	»	»	40	»
15	do.	2	»	»	36	»
16	do.	2	»	»	45	»

Ausserdem, dass ich an Tauben, wie ich das von Anfang gesagt, solche angestellt, habe ich andere Inoculationen von Malaria-Blut auf andere Thiere, 5 Hunde, 6 Kaninchen, 6 Meerschweinchen, 2 Katzen, 1 Affe, 1 Wolf, aber immer mit dem gleich negativen Ergebnisse der anderen Autoren angewendet.

Als Anhang an die ersten fasse ich diese andern Experimente wieder in der nachfolgenden Tabelle kurz zusammen.

2. Inoculationen von malarischem Blut auf andere Thiere.

Ordnungszahl der Experimente	Befund des Blutes des malarischen Menschen	Qualität u. Quantität d. inoculirten Blutes ccm	Versuchsthiere	Via der Inoculation	Dauer der Beobachtg. in Tagen	Ergebnis der Beobachtung
	Formen:	nicht defibrinirt				
1, 2, 3	v. Quartana-Fieber	3	Kaninchen	hypodermica	30	negativ
4, 5, 6	do.	5	»	endoabdominalis	30	»
7, 8, 9	do.	3	Meerschweinchen	hypodermica	20	»
10, 11, 12	do.	3	»	endoabdominalis	26	»
13, 14	do.	3	Hunde	endovenosa	24	»
15	do.	5	»	endoabdominalis	20	»
16, 17	do.	3	»	trachea	22	»
18	runde pigmentirte	2	Katze	endovenosa	35	»
19	do.	2	»	hypodermica	28	»
20	do.	2	Wolf	endovenosa	30	»
21	do.	2	Affe	»	60	»

Die Tabelle ist an sich klar in Bezug auf die negativen Resultate und deshalb halte ich es für unnütz, über sie mich weiter auszudehnen. Alle diese Resultate bringen uns also zu dem allgemeinen Schlusse, dass die Uebertragung der Malaria-Infection vom Menschen auf das Thier (mindestens auf die von uns studirten Arten) mittels der Inoculation von Malaria-Blut, auf welchem Wege man sie auch versuchen möge, unmöglich ist.

3. Inoculation von Blut inficirter Tauben auf gesunde Menschen.

Zur Controle jener Versuche musste man, der Ansicht von Danilewsky gemäss, andere umgekehrt einrichten, d. h. die Inoculation von Blut inficirter Tauben auf einen gesunden Menschen. Die Schwierigkeiten, denen ich bei dieser Art von Untersuchungen begegnete, können Niemanden entgehen, aus mehreren Gründen wissenschaftlicher und praktischer Natur, über die aber nach meinem Dafürhalten es wenig an der Zeit wäre, mich zu unterhalten. Ich weiss nicht, ob ein anderer ähnliche Untersuchungen angestellt, ich kenne wenigstens keine solche. Und die meinigen

sind auch nicht zahlreich, da ich selbst nun einmal sehr wenig Versuche in dieser Richtung, welche nicht frei von mancher Gefahr sein können, rechtfertige. Ich habe nur vier solcher angestellt, und von diesen melde ich kurz die Ergebnisse. Von einer mit Halbmonden inficirten Taube nimmt man, eindringend mit der Syringe Tursini unmittelbar in die Vena jugularis, Blut, das gleich drei Individuen, welche sich mit freiem Willen dem Experiment aussetzten, gleich eingespritzt wird. Es ist unnütz, zu sagen, dass man bei diesen Versuchen immer mit den strengsten antiseptischen Bürgschaften vorgegangen ist, um jeden unangenehmen Zufall zu vermeiden.

Der 1., B. C., erhält unter der Haut des Armes 1 ccm nicht defibrinirtes Blut der Taube. Das Individuum befand sich immer wohl. In seinem 40 Tage lang untersuchten Blut traf man nie auf irgend eine der inoculirten Formen.

Der 2., A. M., empfängt unter der Haut des Vorderarmes 1 ½ ccm von nicht defibrinirtem Blut der vorgenannten Taube. Das Individuum hatte nichts zu leiden. Das auf dem Wege der gewöhnlichen Punctur des Fingers entnommene Blut wurde nach 2, 4, 6 Stunden und später jeden Tag, 36 Tage lang examinirt und ergab immer ein negatives Resultat.

Der 3., A. S., erhält unter der Haut des Vorderarmes 1 ccm wohl defibrinirtes Blut der inficirten Taube. Die Prüfung des Blutes des Individuums bis zu 15 Tagen seit der Inoculation liess nie eine der inoculirten Formen merken.

Der 4. Versuch verdient grössere Betrachtung. Die Injection des Blutes der inficirten Taube wurde auf dem endovenösen Wege vorgenommen. Das Blut des Thieres war voll semilunärer Formen, und von diesen gab es sehr viele im Augenblick des Versuchs.

A. S., welcher 15 Tage früher die hypodermische Injection des Blutes bekommen hatte, wollte freiwillig auf endovenösem Wege das Blut der inficirten Taube empfangen, obgleich er gewarnt worden war, dass das Experiment nicht ohne Gefahr wäre. Zu solchem Behuf wurde ein breiter Aderlass der Venae jugulares der Taube vorgenommen, das aufgefangene Blut mit allen schuldigen Vorsichtsmaassregeln passend defibrinirt, die

Syringe sterilisirt und in einer Temperatur von 37° gehalten und dann der Arm des Individuums präparirt, so wurde vorsichtig und langsam die Injection von 1 ccm gedachten Blutes in die Vena basilica vorgenommen [1]).

Das Individuum trank unmittelbar darauf einen Liter Wein in zwei Absätzen und ging schlafen. Es schlief tief 12 Stunden lang, und den anderen Tag schien es noch vom Schlaf betäubt. Ausser ein wenig Kopfschmerzen, weil es zu viel geschlafen hatte und wegen der Wirksamkeit des Weins, wie es sagte, merkte es kein anderes Uebelbefinden, so dass es seine Arbeit wieder aufnehmen konnte.

Die Prüfung des Blutes, die erst gegen 26 Stunden später vorgenommen werden konnte, mit Beharrlichkeit und lange Zeit hindurch Tag für Tag wiederholt, liess nie irgend eine der inoculirten Formen merken. Das Individuum befand sich immer wohl und war nie von Fieber oder andern bemerkenswerthen Störungen erfasst; und 30 Tage nach dieser Inoculation entfernte es sich aus unserer Beobachtung.

Obwohl diese Versuche gering an Zahl sind und da ich nicht die Absicht habe, ihre Zahl zu vermehren, so beschränke ich die Schlussfolgerung auf meine wenigen erhaltenen Resultate, auf Grund deren die parasitäre Infection der Tauben auf den Menschen nicht übertragbar ist mit der hypodermischen und venösen Injection des inficirten Blutes. Diese Schlussfolgerung, der ich nur einen beschränkten Werth zugestehe (einen absoluten Werth könnte sie nur haben, wenn viele, aber sicherlich nicht rathsame, Versuche in diesem Behufe möglich wären), bekräftigt und vervollständigt die andern negativen, schon befestigten, mit der Inoculation von Malariablut auf gesunde Tauben.

Die experimentelle Idee also, worauf Danilewsky sein Criterium der pathologischen Identität der Blutparasiten des

1) Bevor ich mich anschickte, die endovenöse Injection bei dem Individuum A. S. anzustellen, nahm ich mehrere an 2 Hunden vor, mit dem nämlichen Blut und mit denselben Vorsichtsmaassregeln, ohne einen Zwischenfall von Seiten der Injection zu erhalten.

Menschen mit denen der Vögel gründet, wird vom Experiment nicht bestärkt.

* * *

Die Auseinandersetzung der erwähnten Untersuchungen in diesem zweiten Theile der Arbeit lässt uns eine kurze Wiederaufnahme der Resultate, der wichtigsten, zu denen wir gelangt sind, für nöthig erachten, um jene nothwendigen Schlüsse herzuleiten, welche als Beitrag zu der Lösung des auf die Malaria der Vögel und auf ihre Hämoparasiten bezüglichen Problems dienen sollen.

Nachdem wir im allgemeinen Theil die Wechselfälle der bedeutendsten Resultate der experimentalen Malaria - Infection in den Thieren an uns hatten vorüberziehen lassen, haben wir das allgemeine Resultat bestätigen können, zu dem viele Autoren gelangt waren, nämlich wegen der Unschädlichkeit der Inoculation des Blutes eines malariakranken Individuums auf unsere Hausthiere. Alle zu diesem Zweck gemachten Versuche, wie mannichfach auch die Inoculationswege gewesen, wie oft die Modalitäten des Experiments gewechselt, wie sehr die Species von dabei gebrauchten Thieren, mit Einschluss des Affen. geändert sein mögen, so ist doch die Uebertragung der Malaria-Infection auf die Thiere unmöglich gewesen. Dies führt uns unbedingt zu der Annahme einer natürlichen Immunität unserer Thiere im Allgemeinen in Bezug auf diese Infection; obschon Gründe der Klugheit uns dazu bringen, Vorbehalte zu machen für jene anderen Species von Thieren, die bis jetzt dem Experiment nicht unterworfen worden sind, um so mehr, als das so gemeiniglich beobachtete Factum, dass unsere Hausthiere an stark malarischen Orten leben können, ohne anscheinende, auf die Malaria bezügliche Störungen aufzuweisen.

Der specielle Theil unserer Untersuchungen beschäftigt sich mit der wichtigen, von Danilewsky über die Malaria der Vögel, oder besser über die von ihm gemachte Entdeckung einiger Parasiten der Vögel vorgebrachte Frage, Parasiten, die er ohne weiteres unter dem zoologischen und pathologischen Gesichtspunkte mit dem malarischen des Menschen identificirte. Das

Studium solcher Frage hat zu zwei Versuchsreihen geführt. In der ersten haben wir uns mit der Art und Weise des Standes der Temperatur in den inficirten Vögeln mit Controle der gesunden, zu dem Zwecke, um ihre Unterschiede besser zu prüfen, sodann mit der Action einiger Medicamente als Therapieversuche und endlich mit einigen Experimenten künstlicher Infection zwischen diesen Thieren.

So haben wir hinsichtlich der Temperatur erhärten können, dass die Anwesenheit von Parasiten im Blute der Tauben bei letzteren keine Störung bringt, die sich mit Temperaturerhöhungen bemerken liesse.

Für die therapeutischen Versuche haben wir festgestellt, dass die angewandten Mittel: Chinin, Arsenik, Sublimat, die auf hypodermischem, venösem, abdominalem und Verdauungswege angewandt und verschiedene Zeit lang und in verschiedenen Dosen fortgesetzt wurden, sich unwirksam auf die Lebens- und Widerstandskraft der Hämoparasiten der Vögel benahmen.

Da wir endlich durch die künstlichen Inoculationen von Blut inficirter Tauben auf gesunde Tauben auf hypodermischem, abdominalem, venösem und pulmonalem Wege immer negative Ergebnisse erhalten hatten, so haben wir festgestellt, dass die Transmission der Infection zwischen diesen Thieren nicht möglich ist.

In der zweiten Reihe Untersuchungen haben wir die Basis des Experiments erbreitert, um einen Beitrag zu der natürlichen Infection der Thiere zu geben, und dann unsere Aufmerksamkeit auf das Studium des örtlichen Einflusses, das Zusammenleben der inficirten Vögel mit den gesunden, auf die Erblichkeit und auf die die künstliche Infection gerichtet.

Was den Einfluss der verschiedenen Orte auf die Infection angeht, so führen uns unsere Erfahrungen zu der Annahme, dass die parasitäre Infection der Tauben von diesen Thieren, wo überall immer und mit gleicher Leichtigkeit und in jeder Jahreszeit, so an malarischen wie an gesunden Orten zugezogen werden kann; dass diese Parasiten überall zerstreut sind, ohne an specielle Bedingungen des Terrains oder andere physische Factoren ihre natürlichen Lebens- und Widerstandsbedingungen zu knüpfen.

Was nun den Einfluss des Zusammenlebens auf die Uebertragung der Infection betrifft, so erlauben uns unsere Erfahrungen, jede Möglichkeit auszuschliessen; wir haben ja nun einmal gesunde Vögel mit inficirten zusammen gehalten, und die Resultate sind negativ gewesen.

Auch der erbliche Einfluss und derjenige der Auffütterung von Seiten der inficirten Alten auf die gesundgeborenen Jungen müssen ausgeschlossen werden, um rationeller die natürliche Infection von Seiten der Atmosphäre auch für die Jungen anzunehmen.

Endlich haben die experimentellen Inoculationen, als Versuche von wechselseitiger Infection auf dem Wege des Blutes, zwischen malarischem Menschen und gesunder Taube und zwischen inficirter Taube und gesundem Menschen zu negativen Ergebnissen geführt, wie auch der Weg gewesen sein mag, auf welchem der Inoculationsversuch angestellt worden ist.

Die Betrachtungen, welche aus den erhaltenen Resultaten gezogen werden können, dürften also nicht sehr günstig sein für Danilewsky's Idee von der zoologischen und pathologischen Identität der Parasiten der Vögel (Tauben) mit den malarischen des Menschen; denn keines der Argumente, welche sich darauf beziehen, bekräftigt eine solche Idee.

Und während so Grassi und Feletti, von zoologischer Seite den Gegenstand studirend, sagen, dass die Malaria-Parasiten der Vögel nicht ohne weiteres mit jenen des Menschen identificirbar sind, eine Meinung, die auch zum grossen Theil von Celli und Sanfelice und Kruse adoptirt ist, so haben wir von biologischer Seite noch ganz andere Verschiedenheiten gefunden, um immer mehr die beiden Species von Hämoparasiten von einander zu entfernen, wie wir übrigens schon gesagt haben und wie es noch besser aus folgender Uebersicht hervorgeht. Gegenüberstellung:

Im malarischen Individuum.	**In der inficirten Taube.**
Temperaturerhöhungen in Form von Fieberanfällen.	Keine Temperaturerhöhung.

Im malarischen Individuum.	In der inficirten Taube.
Fieberaccesse in Beziehung zum Cyclus der Parasiten.	Keine Beziehung zwischen Cyclus von Parasiten und Temperatur.
Chinin und Arsenik sind wirksame Mittel.	Chinin und Arsenik zeigen keine Wirksamkeit.
Die örtlichen Bedingungen sind ein wichtiger und wesentlicher Factor bei der Infection.	Es gibt keinen örtlichen Einfluss.
Die von vielen bestätigte erbliche Infection.	Die erbliche Infection kommt nicht vor.
Die künstliche Inoculation mit dem Malariablut auf ein gesundes Individuum bringt ständig die Infection hervor.	Die künstliche Infection auf dem Wege des Blutes von inficirter Taube auf gesunde Taube fällt nicht vor.

Es können in Wahrheit viele Parasiten anscheinend ähnlich sein, morphologisch sich nahestehen, auch zu einer nämlichen grossen Klasse gehören, aber das schliesst nicht die Identität in den Effecten ein. In der unermesslichen Klasse von Mikroorganismen haben wir viele Mikroben, welche, obgleich sie morphologisch grosse und strikte Kennzeichen von Verwandtschaft haben, so sehr, dass man sie morphologisch ähnlich nennen kann, doch wegen ihrer verschiedenen biologischen Action oder auch nur wegen einiger verschiedener biologischer Kennzeichen für wohl verschieden von einander betrachtet werden.

Nun werden die Zoologen ohne Zweifel diesen Zusammenhang im Genus, diese Verwandtschaft, diese Aehnlichkeit zwischen den Malaria-Hämoparasiten des Menschen und den Hämoparasiten der Vögel für durch die Aehnlichkeit der Formen bestärkt halten; was mich aber betrifft, so denke ich, dass die Hämoparasiten der Vögel, wenn sie auch morphologisch Analogien mit den malarischen des Menschen haben, doch von diesen wohl fern stehen müssen. Und wenn heutzutage an die Malariaparasiten

die ätiologische Idee von dieser Ansteckung im Menschen mit den dieser inhärenten Störungen geknüpft wird; und wenn wegen der erlangten Resultate die Action dieser malarischen Hämoparasiten sehr verschieden von derjenigen der Vögel ist, so könnte ich mit Grassi und Feletti (obwohl sie es sagen, um uns zu verständigen) nicht mehr im Einverständnis sein, die Denomination malarisch auch auf die Hämoparasiten der Vögel auszudehnen, eine Benennung, welche die richtige pathologische Anschauung, die man von denen des Menschen hat und die gerade bei jenen der Vögel fehlt, einschliessen würde.

Im Gegentheil, gerade um uns zu verständigen, würde ich vorschlagen, diese Hämoparasiten der Vögel durchaus nicht malarische zu nennen, da man in Anbetracht ihrer morphologischen Anologie nur dazu gelangen könnte, sie pseudomalarische zu nennen. Und während hiemit von einer Seite die zoologische Anschauung von der morphologischen Analogie gerechtfertigt bliebe, so würde unbedingt das pathologische Criterium nicht compromittirt werden. So, glaube ich, könnte man die Ausdehnung dieser Benennung »pseudomalarische« im Allgemeinen auf alle morfologisch verwandten und biologisch noch nicht gut definirten Parasiten der Vögel ausdehnen.

In der That, Celli und Sanfelice geben zwar die zoologische Verwandtschaft zu und haben zwar andere biologische Criterien, die von unseren Versuchen nicht bekräftigt wurden, fühlen sich aber nicht geneigt, die Parasiten der Vögel malarische Parasiten, sondern einfach Hämoparasiten zu heissen. Und das scheint uns in Wahrheit wohlgethan; auf jene Weise, wenn später auf Grund der zoologischen Verwandtschaft sich diese immer mehr ausdehnt und wenn man fortfährt, die generische Anschauung von malarischen Parasiten auch auf die Hämoparasiten der Kaltblüter auszudehnen, wird man bald dahin kommen den Weg zu verfehlen, inmitten der Schwierigkeiten der Klassification und Systematisation und zwar ohne irgend einen Vortheil für die Biologie und für die schon festgestellten Kenntnisse über die wahren Malariaparasiten des Menschen.

* * *

Es wird jetzt wohl von Interesse sein, ein Factum biologischer Ordnung, das auf die examinirten Vögel bezüglich ist, darzuthun.

Von dem Augenblick an, wo das Leben der Thiere mit der Gegenwart dieser Hämoparasiten vereinbar ist, von dem Augenblick (wenigstens für die Tauben), dass functionale Störungen, welche ihr Leben auf's Spiel setzen könnten, sich nicht bemerklich machen, wie lange auch die Zeitdauer des Verharrens dieser Parasiten im Blute sein mag, müssen wir da ihre Gegenwart als eine wahre Infection des Organismus betrachten? Mit anderen Worten, muss man diesen Parasitismus des Blutes der Tauben als eine wirkliche, eigentliche, ansteckende Krankheit in dem Sinn, wie wir ihn heute von ihr in der Pathologie haben, betrachten?

Immer mit Beschränkung des Factums auf die Tauben, in deren Blut diese Parasiten ihre Existenz mit allen biochemischen Phänomenen entfalten, ohne Präjudiz für die Thiere überhaupt, von dem Moment an, wo wir uns vor einem Fall finden, in welchem ein Parasit von der Substanz des Organismus eines Thieres Gewinn zieht, ohne ihm irgend einen Eintrag oder Störung im Allgemeinen oder wenigstens nur eine so leichte beizufügen, dass der beherbergende Organismus sich leicht auf dem Wege seiner ausgleichenden Kräfte dazu bequemt, scheint es uns, dass die Ideen eines Parasitismus (commensalismus von Van Beneden) nicht ganz unbeachtet bleiben sollte[1]). Dieser Idee zufolge »wäre der Hämocitozoismus der Tauben eine örtliche und partielle Krankheit, eine parasitische Krankheit des Blutes, welche gar keinen Einfluss auf die allgemeine Gesundheit hat, allein weil der Organismus sich an diese Krankheit gewöhnt mit Hülfe einer kräftigeren Ernährung oder der Hämatopoesis u. s. w. Ist dieser Parasitismus stark, so kann in Folge einer Schwächung im Ersatz der Organismus auch anfangen, sichtlich zu leiden«, ja zu unterliegen, aber ohne dass man sagen kann, dass er einer wirklichen, eigentlichen ansteckenden Krankheit unterlegen war.

Diese Idee hat Danielwsky zuerst sehr stark zweifeln lassen; aber dann war er mehr und mehr von dem Vorurtheil der zoologi-

1) **Danilewsky**, l. c. Recherches sur les parasites du sang des oiseaux. Karkoff.

schen und pathologischen Identität voreingenommen, liess sich von ihm beherrschen und glaubte, alle Elemente zu finden, um eine wahre, eigentliche, allgemeine Infection anzunehmen und sich an die Hypothese einer wahren, ansteckenden Krankheit, einer malarischen Infection in den Vögeln, der malarischen des Menschen ähnlichen, zu halten, eine Hypothese, die, wie wir schon gesehen haben, nicht von unseren Untersuchungen unterstützt wird.

Uebrigens will ich nicht weiter auf dem biologischen Gedanken dieses Parasitismus der Tauben bestehen, der sicherlich grösseren Vorbehalt in der Werthung fordert, und für dessen Lösung diese meine Untersuchungen gewiss keinen Anspruch erheben.

Vergleichende bacteriologisch-chemische Untersuchungen über das Verhältnis des Bacillus der Cholera-Massaua zum Vibrio Metschnikovi und zum Koch'schen Kommabacillus.

Von

Dr. med. **St. Rontaler.**

Eine übrigens in der Natur der Sache begründete Erscheinung in der Bacteriologie ist die Unsicherheit der Diagnostik der einzelnen Bacterienarten. Bei der Kleinheit der Mikroben lässt uns selbst das verbesserte Mikroskop und die moderne mikroskopische Technik öfters im Stiche und es ist nun naturgemäss, dass für die Zwecke der bacteriologischen Diagnostik auch die chemischen und physikalischen Untersuchungsmethoden herangezogen werden.

Dass auch dann der Zweck nicht immer erreicht wird, dafür liefert die Geschichte des Eberth-Gaffky'schen Typhusbacillus ein lehrreiches Beispiel. Anfangs, durch sein Wachsthum auf Kartoffeln, grosse Beweglichkeit u. s. w., als sehr charakteristisch und leicht kenntlich beschrieben, wurde er namentlich von französischen Autoren, wie Rodet, Richet, und Roux[1]), Arloing[2]), Malvoz[3]) als in seinen Eigenschaften durchaus dem Bacterium

1) Rodet et Richet, Des rapports du bacille coli com. avec le bac. d'Eberth (Journ. des conaiss. médic., 1890), Rodet et Roux, Bac. coli com., bac. d'Eberth et fièvre typhoïde (La province méd., 1891, Nr. 43), Bac. d'Eberth et bac. coli. Expér. compar. (Arch. de méd. exp., 1892, Nr. 3).

2) Rapport du bac. coli avec le bac. d'Eberth (Lyon méd., 1891, Nr. 45).

3) Réch. bactériol. sur la fièvre typh. (Mem. de l'acad. de méd. de Bruxelles, 1892, XI, f. 5.

coli commune ähnlich, wenn nicht damit identisch proclamirt. Mehr wie ein Dutzend Publikationen pro und contra sind in dieser Streitfrage erschienen, ohne dass sie endgültig erledigt wurde. Die verschiedenen Ansichten und die darauf bezügliche Literatur findet man in dem inhaltreichen Buche von Remy und Sugg.[1])

Aehnliche Streitfragen herrschen augenblicklich auch bezüglich des Koch'schen Cholerabacillus. Seit der Entdeckung dieses Mikroben durch Koch (1883) wird sein ätiologischer Zusammenhang mit der asiatischen Cholera wohl von Niemandem ernstlich bestritten. Die fortgesetzten Untersuchungen haben aber gezeigt, dass in der Natur eine ganze Reihe dem Koch'schen Cholerabacillus ähnlicher Mikroben existirt, wovon einige auch als identisch damit angesehen wurden.

Kurz nach der Entdeckung des Koch'schen Kommabacillus haben Finkler und Prior[2]) ein ihm ganz ähnliches, kommaartiges Stäbchen in sieben Fällen von Cholera nostras in menschlichen Dejectionen gefunden, das sie mit dem Koch'schen Bacillus für identisch hielten, bis Koch[3]) die Unhaltbarkeit dieser Annahme nachwies, indem er darauf aufmerksam machte, dass die morphologischen Eigenschaften ähnlicher Bacillen nicht maassgebend sind, und hervorhob, dass das Verhalten derselben auf verschiedenen künstlichen Nährböden, insbesondere auf Gelatine, uns erst ein diagnostisches Kriterium gibt.

Ich erinnere noch an andere, beim Menschen gefundene Kommabacillen, wie die von Miller[4]), Kuisl[5]), Nicati und Rietsch[6]), Escherich[7]), Weibel[8]), Bleisch[9]), Fischer[10]).

1) Réch. sur le bac. d'Eberth Gaffky (Trav. du labor. d'Hyg. Gand 1893. Tome I f. 2.

2) Deutsche med. Wochenschr., 1884, Nr. 36.

3) Deutsche med. Wochenschr., 1884, Nr. 45.

4) Deutsche med. Wochenschr., 1884, Nr. 25 u. 36; 1885, Nr. 9.

5) Münchn. ärztl. Intelligenzbl., 1885, Nr. 36.

6) Arch. de physiol., XVII., 1885, p. 72.

7) Münchn. med. Wochenschr., 1886, Nr. 1, 43, 46.

8) Centr. f. Bact., Bd. II, 1887, Nr. 16.

9) Zeitschr. f. Hyg., Bd. XIII, 1893.

10) Deutsche med. Wochenschr., 1893, Nr. 23—26.

Fast zu gleicher Zeit mit den Bacillen von Finkler-Prior und Miller wurde von Deneke[1]) im alten Käse ein dem Koch'schen ähnlicher Kommabacillus gefunden. Alle diese Kommabacillen verhalten sich aber auf künstlichen Nährböden anders, als die Koch'schen, so dass sie leicht von diesen unterschieden werden können.

Grosses Aufsehen erregte der, durch seine pathogene Wirkung auf Meerschweinchen und Tauben ausgezeichnete Kommabacillus von Gamaleia[2]), von ihm Vibrio Metschnikovi genannt. Dieser Vibrio wurde von Gamaleia bei einer Geflügelkrankheit, die mit Symptomen der Hühnercholera verlief, gefunden. Diese Krankheit wurde von demselben Gastroenteritis cholerica genannt.

Das Thierexperiment bewies, dass Tauben für diesen Vibrio sehr empfänglich sind. Gamaleia[3]) tödtete Tauben bei subcutaner resp. intramusculärer Infection von Culturen dieses Vibrio, die durch Uebertragung von Taube zu Taube virulenter wurden, stets in acht bis zwölf Stunden. Vom Darmkanal[4]) aus konnten Tauben selbst durch Verfütterung grosser Mengen von Culturen nicht inficirt werden. Nur junge Hühner[5]) konnten auf diese Weise inficirt werden.

Pfeiffer[6]) inficirte intramusculös Tauben; der Tod trat in 20 Stunden ein; er fand, wie Gamaleia, Vibrionen massenhaft im Blut und Organen, dagegen spärlich im Darminhalt. Per os konnte er Tauben ebenfalls nicht inficiren, auch wenn vorher für Neutralisirung des Magen- und Kropfinhaltes gesorgt war; die Infection per os gelang ihm bei Tauben nur ausnahmsweise.

Palmirski[7]) fütterte junge und alte Hühner, ebenso Tauben mit Linsen, die mit Culturen des Vibrio Metschnikovi begossen waren; diese Vögel wurden durch den Darmkanal nicht inficirt.

1) Deutsche med. Wochenschr., 1885, Nr. 3.

2) Annales de l'Inst. Pasteur, 1888, Nr. 9 u. 10; 1889, Nr. 10, 11 u. 12.

3) Annales, 1888, p. 485.

4) Annales de l'Inst. Pasteur, 1888, p. 485; 1889, p. 629.

5) Annales, 1888, p. 485; 1889, p. 628, 631.

6) Zeitschr. f. Hyg., Bd. VII, 1889, S. 347.

7) Medycyna, 1893, Nr. 30 (polnisch); Arch. des sciences biolog. St. Pétersbourg, 1893, II. B., p. 501.

Meerschweinchen[1]) sind für den Vibrio Metschnikovi sehr empfänglich, können sogar vom Nahrungskanal aus inficirt werden. Gamaleia fand bei solcher Applicationsart Vibrionen im Herzblut und im Darminhalt. Bacillen fand Pfeiffer[2]) in der Oedemflüssigkeit an der Infectionsstelle, im Blut und Organen, im Darm spärlicher. Bruhl[3]) rief bei Meerschweinchen durch subcutane Infection von Thymusculturen des Vibrio Metschnikovi den Tod in 18 bis 24 Stunden hervor. Die Section erwies dabei immer eine Septichämie. Wolkow[4]) sah bei intraperitonealer Infection von Meerschweinchen sehr viele Vibrionen im Peritonealexsudat, im Blut dagegen verhältnismässig weniger.

Gamaleia[5]) behauptete nun, dass bei jeder Infectionsart, sei es subcutan oder intramusculär oder intraperitoneal, eine Praedilection für die Darmlocalisation der Vibrionen existirt, indem er immer bei Sectionen Hyperämie des gesammten Darmtractus mit einem reichlichen flüssigen Inhalt und in demselben Bacillen constatiren konnte. Er meint aber, dass die Infection durch Aufnahme des Krankheitserregers per os nicht die natürliche sein kann[6]), da für diesen Vibrio besonders empfängliche Vögel, wie Tauben und ältere Hühner, per os nicht inficirt werden können. Er nimmt nun an, dass die Lungeninfection die natürliche Infectionsart[7]) ist, und hat sogar die widerstandsfähigsten Thiere wie Kaninchen[8]), durch directe Infection von Culturen des Vibrio Metschnikovi in die Trachea, resp. in die Lungen, zu Grunde gehen gesehen und dabei constatirt, dass bei dieser Infectionsart, ebenso wie bei jeder anderen, Vibrionen sich hauptsächlich im Darmkanale vermehren[9]). Bei der Lungeninfection entsteht nun

1) Annales, 1888, p. 486.
2) a. a. O.
3) Archive de médec. exper., 1893, Nr. 1.
4) Arch. de méd. exp., 1892, IV, p. 660.
5) Annales, 1888, p. 486, 555, 556; 1889, p. 635, 637, 641.
6) Annales, 1888, p. 554; 1889, p. 635.
7) Annales, 1888, p. 556; 1889, p. 635, 637.
8) Annales, 1889, p. 547, 609, 614, 615, 636.
9) Annales, 1888, p. 555, 556; 1889, p. 635, 637, 641.

ein pleuritisches Exsudat, das hochgradig virulente Bacillen enthält. Diese virulenten Vibrionen sollen sogar die sonst immunen Hunde und Schafe tödten.

Gamaleia[1]) behauptet, dass die Virulenz der aus dem pleuritischen Exsudat gewonnenen Metschnikov'schen Vibrionen noch hochgradiger wird, wenn das durch Lungeninfection entstandene pleuritische Exsudat weiter intacten Thieren intrapulmonär verimpft wird, also durch mehrmalige Passage von Thier zu Thier, dann soll schliesslich ein halber Tropfen genügen, um Kaninchen in 3 bis 5 Stunden zu tödten. — Eine ähnliche Virulenzsteigerung wollte Gamaleia[2]) bei Bacillen der Cholera asiatica durch Passage von Meerschweinchen auf Tauben constatirt haben. Tauben mit 1 bis 2 Tropfen des durch mehrmalige Passage hochvirulent gewordenen Taubenblutes geimpft, starben in 8 bis 10 Stunden. Noch kleinere Dosen tödteten Meerschweinchen. Die erhöhte Virulenz der Cholerabacillen durch Passage wurde auch später von Gamaleia[3]) bei Experimenten mit Hunden constatirt; ebensolche Resultate wurden von Zaeslein[4]), Haffkine[5]) Wlaeff[6]), Parlowski[7]) u. A. verzeichnet.

Eine Virulenzsteigerung der Cholerabacillen bemerkte Gamaleia[8]) bei weissen Ratten, die durch die Thoraxwand eine Lungeninfection erlitten haben.

Auf Grund der Aehnlichkeit des Vibrio Meschnikovi mit dem Koch'schen Kommabacillus in Betreff der morphologischen und biologischen Eigenschaften und des pathogenen Verhaltens hatte Gamaleia[9]) die Meinung ausgesprochen, dass beide Bacillen nur zwei physiologische Variäteten einer und derselben Species sind. Der Koch'sche Bacillus ist, nach Gamaleia mehr

1) Annales, 1889, p. 548, 610, 614, 615, 636.
2) Sem. méd., 1888, Nr. 34.
3) Gazette méd., 1892, Nr. 4.
4) Rivista clinica, 1890.
5) La sem. méd., 1892, Nr. 32; Le bull. méd., 1892, Nr. 58, 61.
6) Wratsch (russisch), 1893, Nr. 39.
7) Russkaja medizina (russisch), 1893, Nr. 8.
8) Annales, 1889, p. 612.
9) Annales, 1888, p. 487, 552; 1889. p. 642.

dem menschlichen Organismus angepasst und in Indien einheimisch, der Vibrio Metschnikovi dagegen in Europa zu Hause. Derselben Meinung ist Bruhl[1]), der einfach seine Schlussfolgerungen über den Vibrio Metschnikovi auf den Koch'schen überträgt.

Einen Beweis dafür wollte Gamaleia[2]) in dem Umstande finden, dass man mit Culturen des Koch'schen Bacillus eine Immunität gegen den Vibrio Metschnikovi und umgekehrt gegen den Koch'schen mit dem Metschnikov'schen erzielen kann. Dieselben Erfolge mit der gegenseitigen Immunitirung dieser zwei Vibrionen hat in neuester Zeit auch Palmirski[3]) verzeichnet.

Gamaleia[4]) fand auch Beziehungen zwischen Cholera nostras und dem Vibrio Metschnikovi, indem er junge Hühner mit Reisswasserstühlen an Cholera nostras erkrankter Menschen fütterte und bei ihnen Gastroenteritis cholerica constatirte, indem er bei denselben den Vibrio Metschnikovi nachweisen konnte.

Ebenso hat Sawtschenko[5]) fast in allen von ihm bacterieologisch untersuchten Choleraleichen neben dem Koch'schen Bacillus einen dem Vibrio Metschnikovi in seinem Verhalten auf Tauben ähnlichen Bacillus, der Meerschweinchen und Tauben im Laufe von 24 Stunden tödtete, gefunden.

Diese letzten Angaben dienten Gamaleia[6]) als Beweis, dass Vibrio Metschnikovi auch beim Menschen vorkommen kann.

Gegen die Auffassung Gamaleia's, dass der Koch'sche Cholerabacillus durch Umzüchtung dieselbe Virulenz wie der Vibrio Metschnikovi für Tauben acquiriren kann, traten zuerst R. Pfeiffer und Nocht[7]) entgegen. Von diesen Autoren wurde keine Steigerung der Virulenz vermittelst Passage durch Tauben constatirt. Ja, es wurde von ihnen nachgewiesen, dass die Cholera asiatica fast gar keine Virulenz auf Tauben besitzt.

1) Arch. de méd. exp., 1893, Nr. 1.
2) Annales. 1888, p. 487, 553.
3) Gazeta lekarska (polnisch), 1893, Nr. 38, 39.
4) Annales, 1888, p. 488.
5) Wratsch (russisch), 1892, Nr. 45; 1893, Nr. 1.
6) Aethiologie der Cholera. Dissertation (russisch). St. Petersburg, 1893.
7) Zeitschr. f. Hyg., 1889, Bd. VII, S. 259.

Eine direkte Uebertragung der Cholera von Taube zu Taube durch Ueberimpfung des bacillenhaltigen Organsaftes, sowie des Blutes, ist ihnen niemals gelungen. Die Tauben sind der Cholerainfection unzugänglich; man kann somit von einer Immunität der Tauben gegen die Cholerainfection reden.

Friedrich [1]) hat mit Choleraculturen verschiedener Herkunft gearbeitet und constatirte ebenfalls eine Unempfänglichkeit der Tauben für Cholera asiatica.

Ueber die Umzüchtung der Cholerabacillen durch mehrmalige Passage von Thier zu Thier bemerkten Gruber und Wiener [2]), dass durch Passage von Thier zu Thier, trotzdem die Impflüssigkeit massenhaft Vibrionen enthielt, die Virulenz doch abgeschwächt wurde, und meinen, dass eine Choleracultur nur für kurze Zeit im Organismus ihre volle Virulenz erhalten kann.

Was die Virulenzsteigerung der Koch'schen Cholerabacillen durch Lungeninfection anbetrifft, so werden von Bruce [3]) ebenfalls an weissen Ratten Nachuntersuchungen angestellt. Er konnte keine besondere Virulenzsteigerung der Cholerabacillen bei der Lungeninfection bemerken.

Pfeiffer [4]) controlirte auf Meerschweinchen auch die Schutzimpfungsversuche Gamaleia's. Es erwies sich dabei, dass keine wechselseitige Immunisirung zwischen den beiden Vibrionen existirt. Meerschweinchen mit Cholera asiatica vorbehandelt, starben nach der Infection mit dem Vibrio Metschnikovi an Gastroenteritis cholerica und umgekehrt die gegen Vibrio Metschnikovi immunisirten Meerschweinchen waren gar nicht gegen den Bacillus der Cholera asiatica immun. Es bestand nur beim Vibrio Metschnikovi allein die Möglichkeit der Immunisirung. Indem man mit sterilisirten Culturen von Vibrio Metschnikovi in geringer, nicht tödtlicher Dosis, wiederholt Meerschweinchen resp.

---

1) Arb. aus d. kais. Gesundheitsamt, 1892, Bd. VIII, S. 125.

2) Arch. f. Hyg., Bd. XV, S. 241.

3) Centr. f. Bact., 1891, Bd. IX, Nr. 24.

4) Zeitschr. f. Hyg., 1889, Bd. VII, S. 347.

Tauben inficirt, kann man sicher sein, dass dann eine Immunität gegen die Wirkung der lebenden Vibrionen erzielt wird. In Betreff des letzten Punktes wurden auch von Gamaleia[1]), Bruhl[2]), Metschnikoff[3]) Sanarelli[4]) positive Resultate erhalten.

Wenn wir noch von den in der letzten Choleraepidemie zahlreichen im Fluss- und Brunnenwasser von Günther[5]) (Vibrio aquatilis), Weibel[6]), Fokker[7]), Bujwid und Orlowski[8]) Bacillus choleroïdes α und β), Kiessling[9]), Russel[10]), Loeffler[11]), Heider[12]) (vibrio danubicus), Neisser[13]) (Vibrio berolineus), Blachstein[14]) Sanarelli[15]) — absehen, so verdient unter den Kommabacillen der zuerst von Pasquale[16]) aus Stühlen von Cholerakranken, während der starken Ende 1890 in Massaua grassirenden Choleraepidemie, isolirte Bacillus, der später unter dem Namen Cholera-Massaua-Bacillus bekannt wurde, ganz besondere Beachtung. Dieser Bacillus ist nach Pasquale mit dem Koch'schen nicht identisch. Pasquale bemerkte, dass junge Culturen der Cholera Massaua keine Cholerarothreaction gaben, während bei den jüngsten Culturen des Vibrio Metschnikovi dieselbe immer positiv ausfiel.

Auf morphologischem Wege ist eine Identität resp. Nichtidentität mit dem Koch'schen Bacillus nicht festgestellt. —

1) Annales de l'Inst. Pasteur, 1889, Nr. 10.
2) Gaz. méd., 1892, Nr. 36.
3) Annales de l'Inst. Pasteur, 1891, p. 465.
4) Dasselbe, 1893, Nr. 3, p. 236.
5) Deutsche med. Wochenschr., 1892, Nr. 49.
6) Centr. f. Bact., 1893, Bd. XIII. S. 117.
7) Deutsche med. Wochenschr., 1893, Nr. 7.
8) Medycyna (polnisch), 1893, Nr. 12; Centr. f. Bact., 1893, Bd. XIII, p. 120.
9) Arb. aus d. kais. Gesundheitsamt, 1893, S. 430.
10) The Lancet, 1892, p. 1268.
11) Centr. f. Bact., 1893, Bd. XIII, S. 384.
12) Centr. f. Bact., 1893, Bd. XIV, S. 341.
13) Hyg Rundschau, 15. August 1893.
14) Annales de l'Inst. Pasteur, 1893, Nr. 10.
15) Dasselbe, 1893, Nr. 10.
16) Giornale med. del R. Esercito, 1891, XXXIX, p. 1009—1031.

Experimentell hat sich zuerst Vincenzi[1]) mit dieser Cultur beschäftigt und bemerkte, dass Tauben sich gegen diese Culturen ebenso wie gegen Vibrio Metschnikovi verhalten. Tauben, intramusculär inficirt mit einer Oese einer Agarcultur, starben im Laufe von 20 Stunden; Bacillen waren immer im Blut und Darm nachweisbar, massenhaft in den ödematösen Muskeln.

Meerschweinchen, subcutan mit einem Tropfen Cholerabouilloncultur inficirt, starben unter charakteristischen Symptomen der Choleraintoxication in 24 Stunden. Es entstand dabei an der Infectionsstelle ein collosales Oedem. Intraperitoneale Injectionen von Culturen der Cholera-Massaua in minimalen Mengen bewirkten bei Meerschweinchen den Tod in kurzer Zeit. Die Infection direct vom Darm aus ist Vincenzi an Meerschweinchen niemals gelungen. Sie gelang nur in den Fällen, wenn der Darm sei es mechanisch oder chemisch entweder nach Koch mit Tint. opii, resp. nach Doyen[2]) mit Alkohol gereizt wurde. Dann fand er bei Sectionen massenhaft Bacillen im Darminhalt; der Befund im Blut war negativ.

Vincenzi immunisirte mit sterilisirten Culturen Meerschweinchen gegen Cholera Massaua. Diese Meerschweinchen waren aber gegen Vibrio Metschnikovi nicht immun.[3])

Auf Grund seiner Untersuchungen bezeichnet Vincenzi diesen Bacillus als einen Kommabacillus einer sehr virulenten Cholera (un bacillo del colera virulentissimo). Es ist, nach ihm, keine aparte Species (non una varietà distincta[4]).

Sclavo[5]) dagegen ist auf Grund des Verhaltens dieses Bacillus gegen Tauben, auf Grund der geringen Krümmung der Bacillen und einer Neigung, lange Fäden zu bilden, — der Meinung, dass dieser Bacillus mit dem Koch'schen Bacillus nicht identisch ist und eine besondere Spirille darstellt, die näher dem Vibrio Metschnikovi als dem Koch'schen Bacillus steht.

1) Archivio per le scienze mediche, 1892, XVI, f. 3, p. 327—339.
2) Arch. de physiol., 1885. Thèse de Paris.
3) Arch., p. 338.
4) a. a. O., S. 330.
5) Riv. d'Igiene, 1892, Nr. 19, p. 168.

Die hochgradige Heftigkeit der Cholera Massaua für Meerschweinchen betonten Brieger, Kitasato und Wassermann[1]. Sie experimentirten mit derselben Cultur, die Viñcenzi von Pasquale erhalten hat, Mit derselben Cultur beschäftigte sich auch Pfeiffer[2]).

Gruber und Wiener[3]) arbeiteten mit 5 Choleraculturen aus verschiedenen Bezugsquellen. Am virulentesten fanden sie für Meerschweinchen die von R Pfeiffer zugeschickte Massauacultur.

Im biologischen Verhalten wurden die Bacillen der Cholera-Massaua von Nencki und Sieber[4]) untersucht. Das Wachsthum in Bouillon und in der Gelatine ist viel üppiger, als bei den Koch'schen Bacillen. Die Bouillonculturen zeigen in kurzer Zeit eine Trübung bei Bruttemperatur, wobei sich ein Niederschlag bildet. Das Häutchen ist an der Oberfläche des Bouillons viel weniger ausgebildet, wie bei den Koch'schen Kommabacillen.

Aehnliche Ergebnisse notirte Sclavo[5]) über den Vibrio Metschnikovi. Die Bouillonculturen desselben werden nach Sclavo in kurzer Zeit trübe. Pane[6]) dagegen hat zuerst die Beobachtung gemacht, dass der Vibrio Metschnikovi in Bouillonculturen ein Häutchen bildet, das bald auf den Boden des Reagensglases sich absetzt.

Weiter zeigten Nencki und Sieber, dass die Gelatinestichculturen des Massauabacillus sich viel schneller verflüssigen, als diejenigen des Koch'schen. Nach 3 bis 4 Wochen werden die anfangs alkalisch-reagirenden Gelatineculturen neutral, resp. sauer, was niemals bei Cholera asiatica zu constatiren ist. Die Cholerarothreaction fällt gelblich aus, ähnlich dem Vibrio Metschnikovi, während dieselbe bei Cholera asiatica rein roth erscheint.

---

1) Zeitschr. f. Hyg., S. 158, 159.

2) Zeitschr. f. Hyg., Bd. XI, S. 393.

3) Wiener klin. Wochenschr., 1892, Nr. 38; Arch. f. Hyg., 1892, Bd. XV, S. 254.

4) Arch. des sciences biol. St Pétersbourg, 1893, II, p. 117.

5) Rivista d'Igiene, 1892, III, p. 509.

6) Rivista clinica e terap., Napoli, 1892, XV, Nr. 7, p. 385.

Sehr interessant waren die experimentellen Untersuchungen von Vincenzi[1]) über Choleraculturen, die er von Professor Weichselbaum in Wien erhalten hat. Sie stammten von einem in Wien am 27. October 1892 vorgekommenen Falle. Tauben und Meerschweinchen wurden durch minimale Mengen von Cholerbacillen getödtet. Subcutane Injection tödteten Meerschweinchen in 12 bis 24 Stunden. Vincenzi erhielt mit dieser Wiener Cultur dieselben Resultate, die er über die Massauacultur veröffentlichte.

Sehr auffallend ist bei diesen letzten zwei Culturen die Möglichkeit der Infection durch subcutane Injection, während bekanntlich von Seiten des Bacillus der Cholera asiatica dies niemals geschieht, wie es zuerst Nicati und Rietsch[2]), und neuestens Nencki[3]) und seine Schüler Blachstein, Schubenko und Zumft[4]) gezeigt haben.

Wie man sieht, ist die Frage, ob der von Koch bei der Cholera asiatica aufgefundene Kommabacillus eine für sich sichere Species bildet, oder ob er mit dem Bacillus der Cholera-Massaua oder, wie Gamaleia behauptet, mit dem Vibrio Metschnikovi identisch ist, eine unentschiedene, resp. sie wird als unentschieden discutirt.

An der Streitfrage bezüglich der Identität des Eberth-Gaffky-schen Typhusbacillus mit dem Bacterium coli commune hat ein Schüler von Prof. Nencki, Dr. Blachstein[5]), Antheil genommen und suchte durch Untersuchung der Zersetzungsproducte aus Eiweiss oder Traubenzucker nach irgend welchen für die eine resp. andere Spaltpilzart charakteristischen Producten. Dies ist ihm auch gelungen, indem er fand, dass im Gegensatz zu anderen dem Bac. typhi ähnlichen Mikroben, welche aus Zucker, sei es optisch inactive, sei es die optisch active, die sog. Rechts- resp.

---

1) Deutsche med. Wochenschr., 1893, Nr. 18.

2) Revue de méd., XV, 1885, Nr. 6.

3) Wratsch (russisch), 1893, Nr. 1; Gazeta lekarska (polnisch), 1893, Nr. 2; Arch. des scienc. biol., 1893, II, p. 115.

4) Wratsch (russisch), 1892, Nr. 41; Arch. d. sc. biol., 1893, II, p. 95.

5) Arch. d. sc. biol. St. Pétersbourg, 1892, p. 199.

Fleischmilchsäure bilden, der Eberth-Gaffky'sche Typhusbacillus aus dem Traubenzucker die optisch active, aber linksdrehende Milchsäure bildet.

Es war daher von Wichtigkeit, das Verhalten der beiden, dem Koch'schen Bacillus am meisten ähnlichen Bacillen, nämlich des Vibrio Metschnikovi und des Bacillus der Cholera-Massaua, gegen eiweiss- und zuckerhaltige Nährlösungen zu untersuchen. Gleichzeitig habe ich unter denselben Bedingungen auch durch den Koch'schen Vibrio Eiweiss und Zucker zersetzen lassen, um so diagnostische Merkmale für die Verschiedenheit oder Identität dieser Mikroben zu gewinnen.

Eiweisszersetzung.

Bei unseren vergleichenden Untersuchungen haben wir uns bemüht, immer unter denselben Bedingungen zu arbeiten.

Die Zusammensetzung der Nährböden, sowie die Art des Eiweisses waren für jede Reihe von Versuchen dieselben, und zwar für die erste Reihe von Experimenten haben wir für den Bacillus der Cholera-Massaua, für den Vibrio Metschnikovi, sowie für den Koch'schen Kommabacillus eine Nährlösung vorbereitet, die aus Pepton. sicc. Witte (2 %) bestand. Gewöhnlich wurden die Kolben mit 2 l der Nährlösung angefüllt. Nach der Auflösung des Peptons durch Kochen auf einem Wasserbade wurde die Lösung filtrirt und Na_2CO_3 bis zur schwachalkalischen Reaction zugesetzt. Die Flüssigkeit wurde dann entweder im Autoclaven bei 117° 20 Minuten oder im Koch'schen Sterilisator bei 100° eine Stunde lang sterilisirt.

Ausser Pepton wurde auch Ochsenlunge zu Nährlösungen gebraucht. Mit der Lunge wurden ebenfalls vergleichende Untersuchungen angestellt. Von der Lunge wurde die Pleura abgelöst und dann die Lunge in kleine Stücke zerhackt. Auf 2 l Wasser wurden 500 g zerhackte Lunge in Kolben gethan. Die Kolben mit diesem Inhalt wurden dreimal sterilisirt. Die Lunge erwies sich als ein sehr guter Nährboden schon deshalb, weil es unnöthig war, Na_2CO_3 hinzuzufügen, da die Reaction selbst schon alkalisch war.

Wir haben in gleicher Weise auch eine Reihe vergleichender Untersuchungen mit Culturen, die auf Blutalbumin (5 %) resp. Eiereiweiss (5 %) gezüchtet waren, unternommen. Blutalbuminnährlösungen wurden zweimal sterilisirt. Eiereiweisslösungen wurden vor der Impfung eine Woche lang bei 55° C. in einem aparten Thermostaten sterilisirt.

Nach der Abkühlung des sterilisirten Kolbens wurde die Impfung mit 3—5 ccm einer Reincultur der zu untersuchenden Bacillenart vorgenommen, wobei vor der Impfung jedesmal die Cultur auf ihre Reinheit controlirt wurde.

Alle zu meinen Untersuchungen benutzten Culturen habe ich der Güte der Frau Dr. Sieber zu verdanken. Nach der Impfung wurden die Kolben in einem Thermostaten bei 37° C. constanter Temperatur ein Monat resp. länger aufbewahrt.

Zu diesen vergleichenden Studien wurden aerobe und anaerobe Culturen gezüchtet.

Für anaerobe Culturen wurden Kolben nur mit Lunge aufgestellt. Durch einen Guttaperchastöpsel wurden zwei Glasröhren durchgeführt. Das eine Rohr reichte fast bis zum Boden des Kolbens und war oberhalb des Stöpsels rechtwinklig abgeknickt. Das andere Rohr dagegen war nur in den Stöpsel eingesteckt; der äussere Theil desselben besass einen Quecksilberverschluss mit kugeligen Erweiterungen. Das Nähere hierüber findet man bei Nencki[1]). Nach der Sterilisation und Impfung des betreffenden Kolbens wurde das bis zum Boden des Kolbens reichende Rohr mittels eines Gummischlauches mit dem Kippeschen CO_2 - Apparat verbunden. Die CO_2 wurde durch den Kolben so lange durchgetrieben, bis die Probe mit Kali darauf deutete, dass nur die vom Kali absorbirbare CO_2 sich im Kolben befindet, die Luft dagegen ausgetrieben ist. Nachher wurde dies Rohr zugeschmolzen. Ein solcher Kolben wurde in den Thermostaten eingestellt.

Nach genügender Gährung wurde der betreffende Kolben bacteriologisch und chemisch untersucht. Vor der chemischen

---

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. XCVIII, 1889, Mai.

Untersuchung wurde jedesmal die Cultur auf ihre Reinheit mikroskopisch und durch Ueberimpfungen auf künstliche Nährböden controlirt. Erwies sich die Cultur als unrein, so wurde sie weiter chemisch nicht untersucht. In gleicher Weise wurde jedesmal die Virulenz der Cultur durch Impfungen an Meerschweinchen und Tauben bestimmt.

Die chemische Untersuchung der Zersetzungsproducte wurde nach der Methode von Prof. Nencki[1]) vorgenommen.

Bacillus der Cholera-Massaua.

Wir arbeiteten mit zwei Culturen. Die eine stammte von Dr. Gamaleia, die andere von Prof. Vincenzi. Die Resultate, die wir mit diesen beiden Culturen erhalten haben, waren übereinstimmend. In gleicher Weise wurden aus den verschiedenen Eiweissarten dieselben Producte erhalten.

a) Aus aeroben Culturen:

Indol, Skatol, flüchtige Fettsäuren, Phenylpropionsäure und Spuren von Oxysäuren.

b) Aus anaeroben Lungenculturen:

Indol, Skatol, flüchtige Fettsäuren und eine höhere feste Fettsäure in kleinen Mengen.

Die flüchtigen Fettsäuren, die wir aus den aeroben und anaeroben Culturen erhielten, waren identisch.

Zur Bestimmung der Fettsäuren wurde zur Analyse deren Silbersalz genommen.

Silbersalz in Grammen	3,3417	2,8956	0,6048	0,4271	0,3856	0,3983
Nach dem Verbrennen Metallsilber in Grammen	2,1464	1,8580	0,3907	0,2759	0,2164	0,2561
Silber in %	64,23%	64,16%	64,6%	64,59%	64,45%	64,28%

$CH_3COO\,Ag$ enthält 64,67% Ag.

Wir müssen also unser Silbersalz als Salz der Essigsäure auffassen.

1) Unters. über die Zersetzung des Eiweisses durch anaerobe Spaltpilze. Wien, 1889; Gazeta lekarska (polnisch), 1889, Nr. 37, 38.

Zur Bestimmung der Virulenz der Culturen nach beendeter Zersetzung wurden Impfungen an Meerschweinchen und Tauben vollzogen. Meerschweinchen wurde 1 ccm aerober Cultur subcutan resp. intraperitoneal injicirt. Sie starben nach 12 bis 16 Stunden. Die Section erwies eine hämorrhagische Durchtränkung des Peritoneums an der Injectionsstelle, ein seröses Exsudat in der Bauchhöhle, eine Hyperämie der Därme, der Dünndarm enthielt einen flüssigen Inhalt, das Colon ascendens, besonders aber das Coecum, war stark aufgetrieben, die Milz unvergrössert, blass, die Nieren dunkel gefärbt. Bacillen im Exsudat, im Herzblut, in den Organen und im Darminhalt. — Tauben starben nach 12 bis 24 Stunden, wenn sie 1 ccm einer aeroben Cultur erhalten hatten. Die Injection geschah gewöhnlich in den Musculus pectoralis. Die Section zeigte Oedem und Hyperämie des Muskels an der Injectionsstelle. Im übrigen Status idem, wie beim Meerschweinchen. In der ödematösen Flüssigkeit, im Herzblut, in den Organen und im Darminhalt sind immer Bacillen gefunden worden.

Diejenigen Meerschweinchen und Tauben, denen 1 ccm anaerober Cultur injicirt wurde, sind am Leben geblieben.

Vibrio Metschnikovi.

Die Cultur, mit der wir zu thun hatten, stammte von Frl. Dr. Schultz, Assistent an der bacteriologischen Abtheilung des k. Instituts für Experimental-Medicin in St. Petersburg.

Aus verschiedenen Eiweissarten erhielten wir dieselben Resultate.

a) Aus aeroben Culturen:

Indol, Skatol, flüchtige Fettsäuren, Phenylpropionsäuren und Spuren von Oxysäuren.

b) Aus anaeroben Culturen:

Indol, Skatol, flüchtige Fettsäuren und eine feste höhere Fettsäure in sehr geringer Quantität.

Die flüchtigen Fettsäuren der aeroben und anaeroben Culturen waren identisch.

Bestimmung der Fettsäure:

Ag-Salz in Grammen	0,1347	0,2372	0,3188
Metall-Ag nach dem Verbrennen	0,0747	0,1316	0,1766
Ag in %	55,45%	55,48%	55,39%

C_3H_7COO Ag fordert 55,38% Ag.

Wir haben es also mit der Buttersäure zu thun.

Meerschweinchen erhielten intraperitoneal 1 ccm einer aeroben Reincultur. Der Tod erfolgte nach 12 bis 24 Stunden. Die Section erwies ein seröses Exsudat in der Bauchhöhle, Hyperämie des Darmes mit flüssigem Inhalt, Milz unvergrössert. Bacillen im Exsudat, im Herzblut, in den Organen, im Darminhalt. — Tauben wurde 1 ccm einer aeroben Reincultur intramusculär injicirt. Tod nach 12 bis 18 Stunden. Die Section zeigte ein hochgradiges Oedem und Hyperämie des Muskels (M. pectoralis) an der Injectionsstelle. Milz nicht vergrössert. Darm stark injicirt. Bacillen an der Injectionsstelle, im Herzblut, in den Organen und im Darminhalt.

Anaerobe Culturen waren in oben angegebener Dosis für Meerschweinchen und Tauben unwirksam.

Kommabacillus Koch.

Zu unseren Versuchen dienten uns 2 Culturen. Die eine war aus Cholerastühlen von Dr. Blachstein in St. Petersburg während der letzten Epidemie isolirt, die andere, ältere, stammte von Prof. Koch.

Beide Culturen gaben uns dieselben Resultate.

a) Aus aeroben Culturen:

Indol und Skatol (in geringerer Menge, als beim Bacillus der Cholera Massaua), Fettsäuren in kleinen Quantitäten, Phenylpropionsäure und Spuren von Oxysäuren.

b) Aus anaeroben Culturen:

Indol, Skatol, Fettsäuren in kleinen Mengen, die sich sehr leicht verflüchtigten, eine höhere feste Fettsäure.

Die Quantitäten der flüchtigen Fettsäuren war sogar nach sehr langer Gährung (bis 100 Tage) so klein, dass man das Silbersalz gar nicht bestimmen konnte. Es waren stets nur Spuren von Fettsäuren nachweisbar. Die Quantität des Indols und Skatols war verhältnismässig geringer, als in den Culturen der Cholera Massaua.

Für Tauben war 1 ccm aerober resp. anaerober Cultur unschädlich. Alle blieben am Leben.

Ebenso war eine subcutane Injection bei Meerschweinchen unerreichbar. Die Lebensfähigkeit unserer Bacillen wurde durch Anlegung von Culturen auf den gebräuchlichen künstlichen Nährböden nachgewiesen.

Die Zersetzung des Traubenzuckers.

Zur Untersuchung der Zersetzungsproducte des Traubenzuckers wurde constant ein Nährboden von folgender Zusammensetzung gebraucht: Pepton. sicc. Witte, Rostock (2%), chemisch reiner Traubenzucker von Trommsdorf in Erfurt (5%) und $CaCO_3$ (3%). Der letzte wurde deshalb zugesetzt, um die bei der Gährung sich bildenden Säuren zu neutralisiren. In dieser Weise konnte stets die alkalische Reaction des Nährbodens erhalten werden, so dass die Kommabacillen sich gut vermehren konnten. — Nach dem Sterilisiren und nach der Impfung der betreffenden Cultur, standen die Kolben im Thermostaten bei constanter Temperatur (37^5 C.) 1 bis 3 Monate lang. Die Kolben wurden täglich umgeschüttelt, um die Neutralisation der sich etwa bildenden Säuren zu beschleunigen.

Vor der chemischen Analyse wurde stets eine bacteriologische Untersuchung vorgenommen.

Die Analyse der Zersetzungsproducte wurde nach der Methode von Professor Nencki [1]) ausgeführt.

Bacillus der Cholera-Massaua.

Beide von uns schon erwähnten Culturen gaben dieselben Producte bei aerober und bei anaerober Züchtung,

1) Die isomeren Milchsäuren als Erkennungsmittel einiger Spaltpilze (Centr. f. Bact., 1891, IX, S. 305).

Es wurden als Zersetzungsproducte Fettsäuren und Milchsäure erhalten. Indol und Skatol waren sehr spärlich.

Bestimmung der Fettsäuren:

	aerobe Cultur	anaerobe Culturen		
Silbersalz in Grammen	0,1315	0,2018	0,3437	0,2240
Nach dem Verbrennen in Met. Ag. .	0,0823	0,1218	0,2069	0,1358
Ag in %	62,58%	60,1%	60,19%	60,6%

Es ist also ein Gemisch von Essig- und Buttersäure.

Bestimmung der Milchsäure:

Der Polarisationsapparat wies nach, dass wir es mit der optisch inactiven Milchsäure zu thun haben.

Die chemische Analyse ergab folgendes:

1. Zn-Salz der Milchsäure in Grammen	0,7016	1,1677	1,1014	0,6322	0,2489	0,2596
2. Nach der Trocknung bei 110°	0,5750	0,9643	0,9124	0,5224	0,2037	0,2128
3. Der Verlust an Krystallwasser in Grammen .	0,1266	0,2034	0,1890	0,1098	0,0452	0,0468
4. Der Verlust an Krystallwasser in %	18,04%	17,41%	17,11%	17,36%	18,11%	18,02%
5. Nach dem Verbrennen ZnO in Grammen . .	0,1922	0,3215	0,3085	0,1759	0,0681	0,0718
6. Nach dem Verbrennen ZnO in %	27,39%	27,28%	27,66%	27,54%	27,36%	27,65%

$(C_3H_5O_3)_2Zn + 2\,H_2O$ fordert 12,9% H_2O und 29,03% ZnO.
» $+ 3\,H_2O$ » 18,18% » » 27,27% »

Die erste Formel entspricht der optisch aktiven, die letzte dagegen der optisch-inactiven Milchsäure.

Wir haben also in unserem Falle das Vorhandensein von optisch-inactiver (Gährungs-) Milchsäure nachgewiesen. —

Tauben war 1 ccm. intramusculär injicirter Cultur unschädlich.

Vibrio Metschnikovi.

Derselbe bildete sehr viel Fettsäuren. Aus einem 2 Liter-Kolben konnte man bis 5 Gramm des Silbersalzes der betreffenden Fettsäure erhalten.

Bestimmung der Fettsäuren:

	anaerobe Culturen		aerobe Culturen	
1. Silbersalz in Grammen	2,3842	1,1677	0,4468	0,6924
2. Nach dem Verbrennen. Ag	1,4351	0,7078	0,2817	0,4342
3. Ag in %	60,19%	60,61%	63,04%	62,84%

Dies deutet auf ein Gemisch von Essig- und Buttersäure.

Milchsäure war niemals nachweisbar.

Tauben waren für 1 ccm. aerober resp. anaerober Cultur, intramusculär inficirt, immun.

Die injicirten Culturen waren lebensfähig, was durch Ueberimpfungen auf die üblichen künstlichen Nährböden nachgewiesen wurde.

Kommabacillus Koch.

Beide Culturen gaben dieselben Zersetzungsproducte.

Es wurden Spuren von Fettsäuren und eine Milchsäure nachgewiesen.

Bestimmung der Milchsäure:

1. Zn-Salz der Milchsäure	0,7176	0,3516	0,2144	0,1334
2. Nach der Trocknung bei 110°	0,5877	0,2876	0,1755	0,1091
3. Verlust an Krystallwasser	0,1299	0,0640	0,0389	0,0243
4. Verlust an Krystallwasser in %	18,24%	18,2%	18,14%	18,21%
5. Nach dem Verbrennen. ZnO	0,1960	0,0959	0,0587	0,0372
6. ZnO in %	27,29%	27,3%	27,37%	27,88%

Also wir haben die optisch-inactive Milchsäure gefunden, was auch durch den Polarisationsapparat bestätigt wurde.

In allen Culturen, die in einer Mischung von Traubenzucker und Pepton gezüchtet waren, war die Zersetzung des Peptons sehr gering. Indol und Skatol konnten nur dem Geruche nach nachgewiesen werden; die Reaction mit Pikrinsäure gelang niemals.

Hirschler[1]) behauptet, dass bei gleichzeitigem Vorhandensein von Kohlehydraten und Eiweissen, die letzteren nicht bis

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. X, 1893, p. 306.

zu den Oxysäuren und Indol zersetzt werden. In solchen Fällen fehlen die aromatischen Producte.

Sclavo[1]) bemerkt, dass der Koch'sche Bacillus aus Eiweiss bei Gegenwart von Zucker Indol in geringen Mengen bildet.

Gorini[2]) meint sogar, dass der Koch'sche Kommabacillus und der Vibrio Metschnikovi unter solchen Bedingungen kein Indol produciren.

Anderseits erklärt Hirschler[3]) die Abwesenheit der aromatischen Producte in solchen Fällen derart: die sich bildende Milchsäure wird durch $CaCO_3$ neutralisirt, wobei sich milchsaurer Kalk, der auf die Zersetzung des Eiweisses störend einwirkt, bildet. —

Was die Virulenz der aeroben und anaeroben Traubenzuckernährböden betrifft, bemerkten wir, dass der Bacillus der Cholera Massaua und der Vibrio Metschnikovi in solchen Nährböden sehr wenig virulent waren. Dasselbe lässt sich über die anaerob gezüchteten Lungenculturen sagen. —

Das Indol fanden Weil und Kitasato[4]) als Zersetzungsproduct des Koch'schen Kommabacillus. Phenol konnte von ihnen niemals nachgewiesen werden.

Lewandowski[5]) fand beim Koch'schen Kommabacillus und beim Vibrio Metschnikovi Indol als Zersetzungsproduct derselben. Phenol fehlte. Skatol wurde von diesem Autor gar nicht gesucht.

Ferran[6]) gab an, dass der Koch'sche Kommabacillus aus Milchzucker die optisch active (Para-) Milchsäure bildet. Ob es sich um eine links- oder rechtsdrehende Paramilchsäure handelte, wird von Ferran nicht angegeben.

Dies konnten wir nicht bestätigen, vielleicht deshalb, da wir mit Traubenzucker arbeiteten. —

1) Rivista d'Igiene e Sanità publica, Roma, 1892, III, p. 509.
2) Centr. f. Bact., 1893, Bd. XIII, S. 791.
3) a. a. O., S. 313.
4) Zeitschr. f. Hyg., 1890, Bd. VIII, S. 410.
5) Deutsche med. Wochenschr., 1890, Nr. 51.
6) Compt. rend. 115, 1892, p. 361.

In differenzial diagnostischer Hinsicht sind folgende Zersetzungsproducte hervorzuheben:

	Bacillus d. Cholera Massaua	Vibrio Metschnikovi	Kommabacillus Koch
I. Producte der Eiweisszersetzung	Indol und Skatol in grösseren Mengen als b. Koch'schen Kommabacillus	Indol und Skatol in mässigen Mengen	Indol und Skatol in geringeren Mengen als beim Bacillus d. Cholera Massaua
	Essigsäure	Buttersäure	Spuren von Fettsäuren
II. Producte der Traubenzuckerzersetzung	optisch inactive Milchsäure	Milchsäure fehlt	optisch inactive Milchsäure

Somit können wir folgende Schlüsse ziehen: der Bacillus der Cholera Massaua und der Koch'sche Kommabacillus, die dieselbe (optisch-inactive) Milchsäure bilden, stehen einander sehr nahe; der Unterschied besteht einzig in der Menge des sich bildenden Indols, Skatols und der Fettsäuren. Obwohl die Gährung beim Bacillus der Cholera Massaua verhältnismässig viel stärker vor sich geht, als beim Koch'schen Kommabacillus, so können wir diesen Moment als Unterscheidungsmerkmal nicht in Betracht ziehen, da bekanntlich die Gährung auch bei den Koch'schen Bacillen von verschiedener Herkunft und aus verschiedenen Epidemien verschieden ist. Die hochgradige Virulenz der Bacillen der Cholera Massaua gegen Meerschweinchen, sogar bei subcutaner Injection, die Giftigkeit derselben für Tauben, der Unterschied in der Zahl der Cilien[1]), das verschiedene Verhalten der beiden Bacillen gegen Desinfectionsmittel wie Theer[2]), erlauben uns jedoch nicht beide Bacillen zu identificiren.

Trotzdem halte ich es für angezeigt, mich in der Frage der Identität resp. Nichtidentität dieser beiden Bacillen eines entscheidenden Urtheils vorläufig zu enthalten, da meine Untersuchungen noch nicht als abschliessende zu betrachten sind.

1) Nicolle et Marax, Annales de l'Inst. Pasteur, 1893, Nr. 7.

2) Nencki et Sieber, Arch. des sciences biolog. St. Pétersbourg, 1893, II, s. Tabellen.

Was den Vibrio Metschnikovi anbetrifft, so halte ich auf Grund des obigen für möglich in dem Sinne mich zu äussern, dass er nichts, weder mit dem Koch'schen Kommabacillus, noch mit dem Bacillus der Cholera Massaua gemein hat.

Ich halte es für meine Pflicht auch an dieser Stelle dem hochverehrten Herrn Prof. Nencki für die freundliche Hilfeleistung bei der Ausführung dieser Arbeit meinen wärmsten Dank auszusprechen.

St. Petersburg 1892/93.

Experimentelle Studien über die Sandfiltration.[1])

Von

Prof. Dr. Gustav Kabrhel.

Gegen die herrschende Ansicht, dass die Sandfiltration auch bei einem rationellen Betriebe das vollständige Abfiltriren von pathogenen Keimen bewirkt, haben Piefke und Fränkel Einsprache erhoben.[2])

Dieselben haben es auf Grundlage von Versuchen gethan, bei welchen eine neue Methode angewendet wurde. Ihre Experimente bestanden nämlich darin, dass sie sich Sandfilter von kleinen Dimensionen hergestellt haben, an welchen sie aber den Vorgang der Filtration, wie dieselbe in der Praxis durchgeführt wird, vollständig nachzuahmen trachteten.

Mit Hilfe dieser Sandfilter haben Piefke und Fränkel Wasser nach Zusatz von Reinculturen von B. violaceus, B. typhi, V. cholerae filtrirt.

Sowohl das unfiltrirte als auch das filtrirte Wasser untersuchten die Autoren täglich auf die Zahl der in Reincultur zugesetzten Mikroben.

Diesen Versuchen zufolge lassen die Sandfilter doch einen, wenn auch geringen, Bruchtheil von Bacterien durch.

1) Von dem Autor übersetzt (böhm. Kaiser-Franz-Josef-Akad., Bd. III).
2) Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 1.

Das Verhältnis derjenigen Mikroben, welche durch das Sandfiltrum durchgelassen werden, zu jenen, welche in demselben festgehalten werden, schätzen Fränkel und Piefke auf 1000:1.[1])

Gegen die Versuche Piefke's und Fränkel's wurden aber von den technischen Fachmännern Krahn und Kümmel[2]) der Einwand erhoben, dass der Vorgang der Filtration bei den Versuchen der genannten Autoren doch nicht so vollständig nachgeahmt wurde, wie derselbe in der Praxis bei den Sandfiltern, deren Quadratfläche auch über 1000 qm beträgt, durchgeführt wird. Wenn also in den betreffenden Versuchen Bacterienkeime durchgelassen worden sind, so kann man daraus keine Schlussfolgerung hinsichtlich der grossen Wasserwerkfilter ziehen, sondern man muss es der nicht vollständig ausreichenden Nachahmung des Filtrationsvorganges zuschreiben.

Als hauptsächliche Gründe dieses Einwandes führen diese technischen Fachmänner folgendes an:

1. Fränkel und Piefke haben zur Herstellung ihrer Sandfilter ein Holzgefäss benützt, wogegen in der Praxis in Cement gebaute Reservoirs benützt werden. 2. Haben dieselben bei ihren Versuchen auch eine Filtrationsgeschwindigkeit von 300 mm. pro Stunde angewendet, was in der Wasserwerkpraxis niemals vorzukommen pflegt. 3. Haben die obengenannten Fachmänner Zweifel ausgesprochen, dass an den kleinen Sandfiltern Piefke's und Fränkel's mit jener nothwendigen gleichmässigen Filtrationsgeschwindigkeit und mit jenem allmähligen Wachsen des Filtrationsdruckes, von welchen Factoren, wie bekannt, der erzielte Filtrationseffect in eminenter Weise abhängt, gearbeitet wurde.

Wie ersichtlich, sind die Versuche Piefke's und Fränkel's von grosser Tragweite. Infolgedessen erschien es sehr wichtig, dieselben zu wiederholen.

Von der Gemeinde Prag aufgefordert, einige bacteriologische Versuche mit einem kleinen Sandfilter auszuführen, welche als

1) Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXIII, S. 55.

2) Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXIII, S. 38.

Basis zu einer eventuellen Projectirung von Sandfiltern zum Zwecke der Nutzwasserversorgung Prags dienen sollten, benützte ich diese Gelegenheit, um einige Versuche in der von Piefke und Fränkel angebahnten Richtung auszuführen.

Das kleine Sandfilter wurde von der Wasserwerkverwaltung, deren Chefingenieur J. Bubák ist, projectirt und von dem Ingenieur Herrn Fleissig in dem sogenannten Podoler Wasserwerke ausgeführt. Dem letzteren Herrn wurde auch die technische Leitung bei den hier zu beschreibenden Versuchen der I. und II. Serie in die Hände gelegt.

Was die Construction des Sandfilters betrifft, so muss Folgendes hervorgehoben werden:

Zur Herstellung des Filters wurde ein im Querschnitte kreisförmiges Reservoir von Eisen benützt, dessen innere Fläche mit einer in Cement gebauten Schichte versehen wurde. Der Durchmesser des Kreises betrug 2 m. Nach Ausmauerung der inneren Seite verkleinerte sich der lichte Durchmesser auf 1,85 m. Das Filtrationsmaterial bestand entsprechend den längere Zeit hindurch von der Wasserwerkverwaltung ausgeführten Versuchen aus folgenden Theilen.

Von unten nach oben gezählt:

1. Gleich auf der obersten Ziegelschichte, in welcher sich die Kanäle für das abgehende Wasser befanden, wurde eine 30 cm dicke Schichte von alten zerschlagenen Pflastersteinen (Quarzit) gelegt.

2. Dann folgte eine 20 cm dicke Schichte, welche aus feinerem Schotter und aus gröberem Sande, der ein grossmaschiges Sieb nicht mehr passiren konnte, zusammengesetzt war.

3. Dann folgte eine 30 cm dicke Schichte von gewaschenem und durch grossmaschiges Sieb geworfenen Moldausand.

4. Endlich kam eine 80 cm dicke Schichte von reinem, weissen Kieselsande.

Das Wasser wurde dem Sandfilter aus zwei seichten Absatzbassins, deren innere Fläche gleichfalls mit einer in Cement gebauten Schichte versehen wurde, zugeführt. In diesen Absatz-

bassins wurde das Wasser zuerst längere Zeit stehen gelassen, worauf es abwechselnd bald von dem einen, bald von dem anderen auf das Sandfilter kam. Die Röhre, durch welche das Wasser dem Filter zuströmte, war mit einem Wassermesser versehen und endigte mit einem Siebe, so dass das Wasser in Form von zahlreichen Tropfen auf die den Sand bedeckende Wassersäule fiel.

Die das filtrirte Wasser abführende Röhre war gleichfalls, um die Filtrationsgeschwindigkeit bestimmen zu können, mit einem Wassermesser versehen. Das Ablesen an den Wassermessern fand eine jede Stunde statt.

Um aber die Bestimmung der Filtrationsgeschwindigkeit möglichst correct zu erhalten und um die Kontrole gut ausüben zu können, wurde jede Stunde die zur Füllung eines geaichten grösseren Gefässes erforderliche Zeit festgestellt und daraus die Filtrationsgeschwindigkeit berechnet.

Zum Messen des Filtrationsdruckes diente ein auf der Oberfläche des Wassers im Sandfilter befindlicher Schwimmer, der vermittelst einer feinen, über eine Rolle führenden Kette mit einem auf einer in Centimeterskala gleitenden Zeiger verbunden war. Das Ablesen des Filtrationsdruckes fand gleichfalls stündlich statt.

Mit einem auf die beschriebene Weise construirten Sandfilter wurden Versuche ausgeführt, bei welchen gleichwie in den Experimenten Piefke-Fränkels direct vermittelst zugesetzter Reinkulturen untersucht wurde, ob die Sandfiltration sicher und fehlerfrei auf das Abfiltriren von Mikroben einwirkt.

Mit Durchführung dieser Versuche hat man aber nicht gleich nach Construirung des Sandfilters begonnen, wie dies in den Versuchen Piefke-Fränkel's geschehen ist, sondern es wurden zuerst Vorexperimente ausgeführt, um zu constatiren, ob überhaupt und unter welchen Umständen mit dem kleinen Sandfilter ein solcher Filtrationseffect zu erreichen ist, welcher bei grossen Filtrationsanlagen bei rationellem Betriebe zu Stande kommt.

Diese vorläufigen Versuche müssen näher besprochen werden, da dieselben den Schlüssel zur Erklärung der späteren, in

gewisser Hinsicht von den Experimenten Piefke-Fränkel's abweichenden Resultate bilden. Daneben wurden bei diesen Experimenten auch einige bemerkenswerthe Beobachtungen gemacht, so dass schon aus diesem Grunde sich die Beschreibung und Analyse derselben empfiehlt.

Mit diesen vorläufigen Versuchen, bei welchen die technische Leitung dem Herrn Ingenieur Fleissig anvertraut wurde, hat man den 7. IV. 1892 angefangen. Vor dem Beginne der Filtration wurde natürlich das Sandfiltrum, um die in den Poren enthaltene Luft auszutreiben, von unten mit Wasser gefüllt.

Vom 7. IV. 1892 ab wurden täglich bacteriologische Untersuchungen auf die Zahl der Bacterienkeime a) des Wassers in den Absatzbassins, b) des filtrirten Wassers ausgeführt.

Auf diese Weise wurden im ganzen 3 Serien von Versuchen ausgeführt.

Die 1. Serie dauerte vom 7. bis zum 23. April 1892.

An diesem Tage erreichte der Filtrationsdruck, welcher zur Erzielung der nothwendigen Filtrationsgeschwindigkeit nöthig war, die Höhe von 1112 mm. In Folge dessen musste die obere verschlammte Sandschichte abgetragen werden.

Nach Beseitigung derselben hat man am 24. April angefangen, wieder mit dem Sandfilter zu arbeiten. Bacteriologische Untersuchungen während dieser Filtrationsperiode wurden bis zum 7. Mai ausgeführt. Dann liess ich zwar das Sandfilter weiter arbeiten, mit bacteriologischen Untersuchungen aber begann ich erst am 8. Juli 1892, an welchem Tage nach Abtragung der oberen verschlammten Sandschichte somit neue Filtrationsperiode eröffnet wurde. Die Versuche vom 7. bis zum 15. Juli bilden die 3. Serie.

Die in diesen 3 Serien erhaltenen Resultate der bacteriologischen Untersuchung sind in den folgenden 3 Tabellen übersichtlich eingetragen. (Folgt Tabelle I bis III auf Seite 328 und 329.)

Nun wollen wir zur Analyse der in den Tabellen enthaltenen Resultate übergehen.

Bei dem Umstande, als das Wasser vor der Filtration ca. 20 Stunden in den Absatzbassins stehen gelassen wurde, tritt vor Allem die Frage heran, ob nicht schon dieser Umstand einen günstigen Einfluss auf die Verminderung der Bacterienmenge des zu filtrirenden Wassers ausübt.

In dieser Hinsicht sind jene Versuche maassgebend, bei welchen das Wasser desselben Absatzbassins nach mehreren Stunden noch einmal bacteriologisch auf die Zahl der Bacterienkeime untersucht wurde. Die betreffenden Versuche sind in den obigen 3 Tabellen mit dem Zeichen { bezeichnet.

Tabelle I. (Serie I).

Datum	Zahl der Keime in 1 ccm des Moldauwassers im Absatzbassin Nr. 1	Zahl der Keime in 1 ccm des Moldauwassers im Absatzbassin Nr. 2	Zahl der Keime in 1 ccm des filtrirten Wassers	Durchschnittliche tägliche Filtrationsgeschwindigkeit	Filtrationsdruck
1892				m	cm
7. IV.	{ 117[1])	97[1])			
8. IV.	70; (nach 24 Stunden)	537	5674	0,51	1
9. IV.	{ 2382	938	3063	1,21	1
10. IV.	2276; (nach 24 Stunden)	{ 1030	2383	0,87	2
11. IV.	{ 1105	990; (nach 24 Stunden)	2590	1,98	3,7
12. IV.	998; (nach 24 Stunden) { 1038	2412	1359	2,48	3,9
13. IV.	854; (nach 24 Stunden) { 1080	1247	1654	3,53	5,9
14. IV.	1026; (nach 24 Stunden) { 3007	781	262	3,30	5,2
15. IV.	2282; (nach 24 Stunden)	1025	183	2,29	6,4
16. IV.	1254	{ 1183	224	1,68	20,3
17. IV.	{ 20142	8929; (nach 24 Stunden)	126	2,85	20,8
18. IV.	5244; (nach 24 Stunden)	1629	453	2,37	28,3
19. IV.	1116	{ 1596	128	2,13	33,8
20. IV.	{ 1785	1168; (nach 24 Stunden)	1375	2,27	43,3
21. IV.	1184; (nach 24 Stunden)	1333	2942	2,76	62,6
22. IV.	{ 1184 743; (nach 24 Stunden)	650	2400	2,80	77,7
23. IV.	{ 1954 802; (nach 24 Stunden)	651	110	2,74	111,2

1) Dieses Wasser ist noch nicht das Moldauwasser; dasselbe wurde aus den Filtrirbrunnen des Podoler Wasserwerkes geschöpft.

Tabelle II. (Serie II).

Datum	Zahl der Keime in 1 ccm des Moldauwassers im Absatzbassin Nr. 1	Zahl der Keime in 1 ccm des Moldauwassers im Absatzbassin Nr. 2	Zahl der Keime in 1 ccm des filtrirten Wassers	Durchschnittliche tägliche Filtrationsgeschwindigkeit	Filtrationsdruck
1892				m	cm
25. IV.	781	636	205 17 Std. nach Beginn der II. Filtrationsperiod.	1,73	2,4
26. IV.	844; (nach 24 Stunden)	1047	69	1,64	3,5
27. IV.	858	791; (nach 24 Stunden)	75	1,92	4,2
28. IV.	883; (nach 24 Stunden)	821	72	1,92	5,1
29. IV.	876	1258	65	2,06	5,5
30. IV.	1008	995; (nach 24 Stunden)	69	3,11	7,7
1. V.	10597	1157	44	3,27	9,6
2. V.	5410 10370	7960	82	3,29	12,4
	Nachmittag um 1/2 2 Uhr hat man angefangen, das Wasser aus den Filtrirbrunnen des Podoler Wasserwerkes zur Filtration zu nehmen.				
3. V.	5410 (das zu Ende gehende Moldauer Wasser nach 24 Stunden)	526 (Wasser aus Filtrirbrunnen)	91	3,28	17,4
4. V.	410 164; (nach 24 Stunden)	247	143	3,27	25,2
5. V.	151	167	50	3,20	29,9
6. V.	178	98	22	3,15	29,3
7 V.	149	97	15	2,32	29,7

Tabelle III. (Serie III).

1892				m	cm
8.VII.	1125	1646	36	1,37	10
9.VII.	1650	2325	42	1,52	14,5
10.VII.	862; (nach 24 Stunden)	750; (nach 19 Stunden)	39	1,94	17,5
11.VII.	567	1128	29	2,80	31
12.VII.	566	Fehler bei der bacteriol. Untersuchung	20	2,91	36
13.VII.	760	935	15	2,98	39
14.VII.	Fehler bei der bacteriol. Untersuchung	3975	23	2,87	44
15.VII.	1062	2072	19	3,01	49
16.VII.		947; (nach 24 Stunden)	22	2,96	51

In der folgenden Tabelle sind solche Wasserproben übersichtlich eingetragen.

Tabelle IV.

Zahl d. Bacterienkeime in 1 ccm d. Moldauwassers bei Füllung des Absatzbassins	Zahl d. Bacterienkeime in 1 ccm d. Moldauwassers nach eingetret. Sedimentation	Zahl d. Bacterienkeime in 1 ccm d. Moldauwassers bei Füllung des Absatzbassins	Zahl d. Bacterienkeime in 1 ccm d. Moldauwassers nach eingetret. Sedimentation
117	70	1 954	802
2 382	2 276	781	844
1 030	990	1 047	791
1 105	998	858	883
1 038	854	10 597	5 410
1 080	1 026	10 370	5 410
3 007	2 228	410	164
1 183	8 929	98	97
20 142	5 244	1 650	862
1 596	1 168	2 325	750
1 785	1 184	2 072	947
1 134	743		

Aus den tabellarisch mitgeteilten Resultaten kann man den Schluss ziehen, dass regelmässig jenes Wasser, welches in dem Absatzbassin längere Zeit stehen geblieben ist, eine Verminderung der Bacterienkeime aufweist.

Eine deutliche Ausnahme von dieser Regel zeigt das auf der 8. Zeile der betreffenden Tabelle angeführte Wasser, welches gegen Erwarten einen Zuwachs von 1183 zu 8929 Bacterienkeime zeigt. Dass sich die Zahl durch Vermehrung der ursprünglichen Mikroben vergrössert haben sollte, kann man in Anbetracht der übrigen Resultate kaum denken. Am wahrscheinlichsten scheint der Umstand hier im Spiele gewesen zu sein, dass ein Regen, der an diesem Tage nach längerer Pause eingetreten ist, den Staub aus den Brettern, mit welchen die Absatzbassins zugedeckt waren, mitgerissen hat.

Des weiteren kann man aus den in der letzten Tabelle eingetragenen Daten den Schluss ziehen, dass die Verminderung, welche als Folge des Stehenbleibens in den Absatzbassins zu

betrachten ist, desto grösser ausfällt, je mehr Bacterienkeime das ursprüngliche Wasser enthalten hat.

So sinkt die Zahl der Bacterien in dem Wasser

mit	20,142	auf	5244	pro 1 ccm
»	10,597	»	5410	» » »
»	10,370	»	5410	» » »

Die Verminderung in den eben hervorgehobenen Fällen ist somit sehr beträchtlich und beträgt 50% bis 70%.

Um diese Erscheinung zu erklären, muss man in Betracht ziehen, dass die betreffenden aus der Moldau geschöpften Wässer in Folge von herrschendem Regen sehr getrübt waren. In Folge dessen wird es ersichtlich, dass die die Trübung bedingenden Suspensionen, wenn man das Wasser ruhig stehen lässt, Gelegenheit haben zu sinken. Nun befinden sich an und in denselben, namentlich an denjenigen, welche aus organischen Substanzen bestehen, Mikroorganismen. Selbstverständlich müssen jene Mikroorganismen, welche auf gewisse Weise diesen organischen Substanzen adhäriren, denselben folgen. Des Weiteren kann man aber auch an active Sinkung der Mikroben in Folge von chemotactischen Vorgängen denken.

Da die getrübten Wässer verhältnismässig zahlreiche und leicht niederfallende Körperchen enthalten, ist begreiflich, dass bei den eine grössere Bacterienzahl enthaltenden Wässern nach der Sedimentation eine grössere Verminderung der Bacterienkeime zum Vorschein kommen kann.

Jetzt kann zur Besprechung des in der 1., 2. und 3. Serie erhaltenen Filtrationseffectes geschritten werden.

Beobachten wir die Zahl der Bacterien in der Serie I, so kommen wir zu der Erkenntnis, dass der Filtrationseffect sich erst nach 7 Tagen eingestellt hat. Bis zu diesem Zeitpunkte zeigt das filtrirte Wasser sogar eine grössere Zahl der Bacterienkeime als das unfiltrirte. Obwohl diese Erscheinung auf den ersten Blick sehr überraschend wirkt, so ist es doch nicht so schwer, dieselbe zu erklären. Man kann nämlich mit voller Sicherheit annehmen, dass der zur Construirung des Filters benützte Sand, wie ein jeder oberflächlich liegende Theil des Bodens

an der Oberfläche seiner Körner zahlreiche Mikroben enthielt. Des Weiteren wurde vor Beginn der Filtration behufs Austreibung von Luft von unten her in das Sandfilter unfiltrirtes Wasser — da kein anderes zur Disposition stand — zugeführt, welches mehrere Stunden in der Filtrationsschichte stehen blieb, so dass die Bacterien noch Gelegenheit hatten, sich zu vermehren.

Auf diese Weise kann es nicht überraschen, wenn in der ersten Zeit nach Beginn der Filtration, zu welcher Zeit noch kein Filtrationsvermögen dem Sandfilter zukommt — da ein solches erst nach Bildung der oberflächlichen Schlammschichte zu Stande kommt — eine grössere Anzahl von Keimen in dem filtrirten als in dem unfiltrirten Wasser zu Tage tritt.

Der zur Bildung der oberflächlichen Schlammschichte erforderliche Zeitraum dauerte in unseren Versuchen 7 Tage; denn wie aus der Tabelle Nr. I leicht zu entnehmen ist, kam erst an diesem Tage Filtrationseffect zum Vorschein. Obwohl bei den mit neuen Filtrationsschichten construirten Sandfiltern der Filtrationseffect später einzutreten pflegt, so erscheint doch der in unseren Versuchen erforderliche Zeitraum etwas länger als gewöhnlich.

Der Grund davon muss offenbar einerseits in dem Umstande gesucht werden, dass das Moldauwasser gerade bei dem Anfange der I. Filtrationsperiode, wie es auch die betreffenden bacteriologischen Analysen beweisen, verhältnismässig rein war, andererseits, dass das Wasser vor der Filtration in die Absatzbassins geführt wurde, in welchen es längere Zeit ruhig stehen geblieben ist. In Folge dessen waren die Bedingungen zur Entstehung der filtrirenden Schlammschichte nicht günstig, so dass sich die Bildung derselben verzögerte.

Beobachten wir näher die Tabelle I, so sehen wir, dass der Filtrationseffect am 20. IV. 1892 auf einmal sehr schlecht wird, so dass dàs filtrirte Wasser über tausend Keime enthält, welche Erscheinung drei Tage dauert, worauf die Zahl derselben auf 110 pro 1 ccm wirkt.

Was den in dieser I. Periode erhaltenen Filtrationseffect im Allgemeinen betrifft, so bekommen wir für jene Tage, an welchen das Zurückhalten der Mikroben in dem Sandfilter wirklich statt-

fand, durchschnittlich 212 Bacterien pro 1 ccm, d. h. bedeutend mehr als bei einer gut wirkenden Filtration erreicht zu werden pflegt.

Wir sehen also, dass einerseits in der I. Filtrationsperiode der Filtrationseffect überhaupt ein geringer ist, was namentlich aus dem Vergleiche desselben mit den in der II. und III. Serie erhaltenen Resultaten ersichtlich ist, andererseits, dass während der I. Periode solche Unregelmässigkeiten in dem Filtrationsprocess vorkommen können, dass sogar, nachdem das Sandfilter angefangen hat zu wirken, wieder ein Stadium zum Vorschein kommen kann, in welchem der Filtrationseffect vollständig verschwindet.

Worin ist der Grund von den eben besprochenen Erscheinungen zu suchen?

Was den geringen Filtrationseffect in der I. Filtrationsperiode betrifft, so ist er offenbar in dem Umstande zu suchen, dass die Poren zwischen den Sandkörnern, da die Oberfläche der letzteren noch nicht mit den verschiedenen Suspensionen überzogen ist, dem Durchgange der Bacterienkeime günstigere Bedingungen schaffen.

Nicht so leicht war das Abhandenkommen des schon einmal eingetretenen Filtrationseffectes erklärlich. Nichtsdestoweniger glaube ich eine befriedigende Erklärung bieten zu können.

Als nämlich der Filtrationsdruck über 1 m gewachsen war, wurde es nöthig, die I. Serie von Versuchen zu beendigen und das Filter durch Abtragung der oberen verschlammten Sandschichte für eine neue Filtrationsperiode vorzubereiten. Als nun zu diesem Zwecke die über dem Sande befindliche Wassersäule abgelassen wurde, hat Herr Ingenieur Fleissig gefunden, dass die Sandschichte in dem Zeitraume vom 7. bis zum 23. April um 4 cm zusammengesunken ist.

In diesem Zusammensinken des Sandes während der I. Filtrationsperiode glaube ich den Grund des Verschwindens des schon einmal eingetretenen Filtrationseffectes suchen zu müssen.

Denn es ist einleuchtend, dass bei dem Zusammensinken der Sandschichte die schon gebildete filtrirende Schlammdecke gezerrt und zerrissen werden kann.

Dieses Factum, glaube ich, hat für die Praxis eine wichtige Bedeutung. Man kann aus demselben den Schluss ziehen, dass die Filtration während der I. Filtrationsperioden, während welcher ohnehin der Effect kein befriedigender ist, noch in Anbetracht des möglichen Zusammensinkens des Sandes nicht verlässlich ist.

In Folge dessen erscheint es im Sinne der Trinkwassertheorie opportun, die Forderung aufzustellen, in gefährlichen Zeiten, das aus solchen Filtern gewonnene Wasser, bei welchen die Sandschichte erneuert wurde, in das Reinwasserreservoir nicht zuzulassen.

Gehen wir jetzt zur Besprechung der in der II. Serie enthaltenen Resultate über. Diese Serie besteht aus Versuchen zweierlei Art. In der ersten Reihe wurde das Moldauwasser, in der zweiten Reihe das Wasser aus dem an einem Inselchen bei dem Wasserwerke errichteten Filtrationsbrunnen benützt.

Was die Versuche der ersten Reihe betrifft, so ist ersichtlich, dass eine namhafte Verminderung der Bacterienkeime in dem filtrirten Wasser schon nach 17 Stunden sich eingestellt, und dass im Verlaufe von weiteren 24 Stunden der Filtrationseffect seinen Höhepunkt erreicht hat. Die Durchschnittszahl der Bacterienkeime ist 78 pro 1 ccm (bei der Berechnung wurde das filtrirte Wasser vom 25. IV. nicht berücksichtigt, weil an diesem Tage der Filtrationseffect sein Maximum noch nicht erreicht hat). Wenn wir diese Zahl mit der Menge der im unfiltrirten Wasser enthaltenen Keime vergleichen, so können wir den in dieser Periode erzielten Filtrationseffect für einen völlig befriedigenden erklären.

Es ist gleichfalls auf den ersten Blick ersichtlich, dass während dieser Filtrationsperiode das Sandfiltrum im Vergleich zu der ersten Periode eine regelmässige und zugleich bessere Wirkung entwickelt hat.

Werfen wir den Blick auf die in der II. Tabelle enthaltenen Data, welche dem aus dem Filtrationsbrunnen geschöpften Wasser

entsprechen, so sehen wir ganz deutlich, dass, indem die Zahl der Bacterienkeime in dem unfiltrirten Wasser sinkt, sich auch die Zahl der Mikroben des filtrirten Wassers vermindert, so dass die Zahl derselben von 143 bis auf 15 herabgeht.

Dadurch glaube ich einen directen experimentellen Beweis geliefert zu haben, dass die von Fränkel gegen die allgemein geltende Ansicht aufgestellte und auf ein grosses Untersuchungsmaterial statistisch basirte Behauptung[1]), dass nämlich die Zahl der Bacterienkeime des filtrirten Wassers von der Menge derselben im unfiltrirten abhängig ist, richtig ist.

Nach Beendigung der Versuche der II. Serie liess ich zwar, wie oben angeführt wurde, das Sandfilter weiter arbeiten. Die bacteriologische Untersuchung wurde aber unterbrochen und mit derselben erst am 8. Juli 1892 begonnen. Die bis zum 16. Juli ausgeführten Versuche sind jene der III. Serie, welche in der Tabelle III eingetragen sind. Die technische Führung der Filtration befand sich in den Händen des Herrn Ingenieurs Tobiàs.

Die Zahl der Bacterien in 1 ccm des filtrirten Wassers schwankt in diesen Versuchen zwischen 15 und 42. Vergleicht man diese niedrige Zahl mit der Menge der in dem unfiltrirten Wasser befindlichen Mikroben, so kann man den Schluss ziehen, dass der bei unseren Versuchen erzielte Filtrationseffect nicht hinter den Resultaten zurücksteht, welche bei grossen, einige tausend Quadratmeter messenden Sandfiltern erreicht werden.

Ziehen wir den in der III. Serie erzielten Filtrationseffect mit demjenigen der II. in Vergleich, so sehen wir ganz deutlich, dass derselbe wieder gewachsen ist. Dieselbe Erscheinung haben wir schon oben bei den Versuchen der II. Serie im Vergleiche zu derjenigen der I. Serie constatirt.

Somit kann man den Schluss ziehen, dass das Filtrationsvermögen des Sandfilters im Verlaufe der ersten Anfangsperioden vorschreitend wächst.

---

1) Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXIII, S. 48.

Natürlich dürfen wir uns nicht denken, dass diese Besserung ununterbrochen sich erhalten wird. Denn in Folge der Abtragung der oberen bei einzelnen Filtrationsperioden verschlammten Sandschichten verkleinert sich die Höhe der Filtrationsmasse, wodurch wieder allmählich für das Filtrationsvermögen ungünstige Verhältnisse zu Stande kommen. In den ersten Filtrationsperioden tritt, wie aus den Versuchen zu entnehmen ist, diese ungünstige Wirkung nicht zu Tage. Offenbar hat dies seinen Grund darin, dass der Einfluss jener Vorgänge und Veränderungen, welche die Sandschichten während des Filtrirens erleiden, wobei sich die Sandkörner an ihrer Oberfläche mit neuen Substanzen hauptsächlich organischen Ursprungs bedecken, welche Umstände offenbar einen günstigen Einfluss zu entwickeln im Stande sind, das ungünstige Einwirken der Verkleinerung der Sandhöhe übertrifft.

Nachdem durch diese Versuche der Beweis erbracht worden ist, dass sich das Sandfilter im Stadium einer der Filtrationsfähigkeit der grossen Sandfilter gleichenden Wirkung befindet, habe ich jene Versuche in Angriff genommen, bei welchen gleich wie in den Versuchen Piefke's und Fränkel's mit Hilfe von bekannten in Reincultur zu dem unfiltrirten Wasser zugesetzten Mikroorganismen das Filtrationsvermögen des Sandfilters studirt wurde.

In dieser Richtung wurden zwei Serien von Versuchen ausgeführt. Die technische Führung der Filtration befand sich wieder in den Händen des Herrn Ing. Tobiàs.

Die näheren Einzelheiten dieser Versuche waren folgende:

Serie IV. Am 16. Juli in der Früh hat man angefangen, das Absatzbassin Nr. I mit dem aus den Filtrationsbrunnen[1]) geschöpften Wasser zu füllen.

---

1) Das Wasser aus den Filtrationsbrunnen wurde deswegen zu diesen Versuchen gewählt, weil es, wie aus der Tabelle II ersichtlich ist, nur wenig Bacterienkeime enthalten hat, so dass die Feststellung der in Reincultur zugesetzten Mikroben leichter erschien.

Noch während des Füllens des Absatzbassins hat man einen Liter einer Bouilloncultur eines rothen, aus Wasser gezüchteten Bacillus zugesetzt.[1])

In Folge der bei dem Zuströmen des Wassers sich einstellenden ziemlich intensiven Bewegung im Absatzbassin wurde eine völlige Mischung und Vertheilung der zugesetzten Reincultur bewirkt. Das Füllen des Absatzbassins dauerte bis 3 Uhr Nachmittags. Um 5 Uhr hat man angefangen, das Wasser dem Sandfilter zuzuführen. Der Zufluss dieses mit rothen Bacillen inficirten Wassers dauerte bis 9 Uhr des folgenden Tages, worauf man wieder ein von rothen Bacillen freies Wasser zuströmen liess (bis 10 Uhr 19./VII. 1892).

An demselben Tage (17./VII.) wurde um 8½ Uhr in der Frühe die bacteriologische Untersuchung auf rothe Bacillen begonnen. Die Entnahme der Proben des filtrirten Wassers fand jede Stunde bis ½ 1 Uhr den 18. Juli 1892 statt. Darauf wurden Proben des filtrirten Wassers noch am 19./VII. um 7½ Uhr in der Früh und um 6½ Uhr Abends geschöpft.

Gleichfalls wurden Proben des die rothen Bacillen enthaltenden Wassers des Absatzbassins behufs der bacteriologischen Untersuchung auf rothe Bacillen entnommen.

Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle Nr. IV übersichtlich zusammengereiht. In der Tabelle IVa ist die jede Stunde gemessene Filtrationsdauer und Filtrationsgeschwindigkeit eingetragen. (Folgten Tabelle V und Va auf S. 338, 339 und 340.)

Am 19. VII. wurden Vorbereitungen zu den Versuchen der V. Serie getroffen, bei welchen mit geringerer, d. h. mit einer Filtrationsgeschwindigkeit von 2 m täglich, gearbeitet werden sollte. (In den Versuchen der IV. Serie war die Filtrations-

1) Dieser Bacillus ist, was sein Wachsthum an den gebräuchlichen Nährmedien betrifft, sehr ähnlich dem Bac. prodigiosus. Er verflüssigt die 10% Fleischpeptongelatine und bildet dabei einen rothen Farbstoff. Die Verflüssigung schreitet aber nicht so schnell wie bei dem Bac. prodigiosus vor. Auf Agar-Agar und Kartoffeln gezüchtet, bildet er einen rothen Ueberzug. Hinsichtlich seiner Grösse und Form gleicht er dem Bacillus typhi. Er ist gleichfalls beweglich.

geschwindigkeit 3 m täglich, welche letztere in der Praxis gewöhnlich benützt wird.) Um die Aenderung des Filtrationsdruckes und der Filtrationsgeschwindigkeit allmählich zu erzielen, wurde von 6 Uhr Nachmittags den 19. VII. der Wasserzufluss zum Filter jede Stunde verkleinert, so dass im Verlaufe von 15 Stunden, d. h. bis 9 Uhr in der Früh den 20. VII., die Filtrationsgeschwindigkeit auf 2 m sank.

Unterdessen wurde bei der Füllung des Absatzbassins Nr. I, welche am 19. VII. zwischen 8—9 Uhr in der Frühe stattfand, 1 Liter der Bouillonreincultur des genannten rothen Bacillus zugesetzt. Um 10 Uhr wurde das Wasser aus diesem Absatzbassin dem Filterbassin zugeführt. Der Zufluss des mit den rothen Bacillen gemischten Wassers dauerte bis ¼10 Uhr in der Frühe des folgenden Tages.

Tabelle V.

Zahl der rothen Bacillen in 1 ccm des unfiltrirten Wassers in dem Absatzbassin Nr. 1 = 50000.

Filtrirtes Wasser.

Zeit, zu welcher die Wasserprobe geschöpft wurde: Datum	Stunde	Gesammtmenge d. zur bacteriol. Untersuch. entnomm. Wassers	Zahl der rothen Bacillen in 1 ccm des filtrirten Wassers
		ccm	
17. VII. 92	8½ Früh	0,7	6
	9½	0,7	7
	10½	0,7	8
	11½	0,7	9
	12½ Nachm.	0,7	2
	1½	0,5	4
	2½	0,7	16
	3½	0,7	9
	4½	0,7	9
	5½	0,7	11
	6½	0,9	10
	7½	0,7	2
	8½ Abends	0,5	8
	9½	0,7	16
	10½	0,7	13
	11½	0,7	7
18. VII. 92	12½	0,2	10
	1½	0,7	14
	2½	0,7	10
	3½	0,7	7
	4½	0,5	4
	5½ Früh	Fehler b. d. bact. Untersuchung	
	6½	0,7	7
	7½	0,7	4
	8½	0,2	5
	9½	0,7	6
	10½	0,7	0
	11½	Fehler b. d. bact. Untersuchung	
	12½ Nachm.	0,7	0
19. VII. 92	7½ Früh	0,2	1
	6½ Nachm.	0,2	3

Tabelle Va.

Verhalten der jede Stunde gemessenen Filtrationsgeschwindigkeit und des Filtrationsdruckes während der Dauer der Versuche der IV. u. V. Serie.

Datum und Stunde	Filtrationsgeschwindigkeit während einzelner Stdn. (berechn. als tägl. Filtrat.-Geschwindigk.)	Durchschnittliche tägliche Filtrationsgeschwindigkeit	Filtrationsdruck während einzelner Stunden	Durchschnittlicher täglicher Filtrationsdruck
17. VII.	m	m	cm	cm
7 Vorm.	2,93		53	
8	2,97		53	
9	2,85	3,0	51½	52½
10	3,09		54½	
11	3,14		55	
12	3,17		55	
1 Nachm.	3,10		51	
2	3,06		51	
3	3,07		51	
4	3,00		52	
5	2,98		52½	
6	2,98		52½	
7	2,98		52	
8	3,01		53½	
9	2,95		53	
10	2,87		52	
11	2,92		52	
12	2,95		52½	
18. VII.				
1	2,95		52½	
2	2,89		52½	
3	2,86		52	
4	2,92		53	
5	2,85		53	
6 Vorm.	2,90		53½	
7	2,87		52½	
8	2,85		54	
9	2,85	2,92	54½	53,8
10	2,79		54½	
11	2,82		53½	
12	2,89		54	
1 Nachm.	2,95		54½	
2	2,97		54½	
3	3,04		55	

Datum und Stunde	Filtrationsgeschwindigkeit während einzelner Stdn. (berechn. als tägl. Filtrat.-Geschwindigk.)	Durchschnittliche tägliche Filtrationsgeschwindigkeit	Filtrationsdruck während einzelner Stunden	Durchschnittlicher täglicher Filtrationsdruck
18. VII.	m	m	cm	cm
4 Nachm.	3,01		54½	
5	3,01		54	
6	2,97		54	
7	2,97		54½	
8	2,95		54	
9	3,01		54	
10	3,01		54	
11	2,92		54	
12	2,97		53½	
19. VII.				
1	2,92		54	
2	2,87		54½	
3	2,87		54½	
4	2,92		55	
5	2,97		55	
6 Vorm.	3,01		55½	
7	3,04		56	
8	3,04		54½	
9	3,04	2,91	54½	54,6
10	3,01		54	
11	3,07		55	
12	3,07		55	
1 Nachm.	3,07		55	
2	3,04		54	
3	3,01		54½	
4	3,07		54½	
5	3,04		55	
6	2,97		55	
7	2,94		55	
8	2,75		54½	
9	2,66		54	
10	2,58		54	
11	2,45		54	
12	2,45		54	

Fortsetzung zu Tabelle Va.

Datum und Stunde	Filtrationsgeschwindigkeit während einzelner Stdn. (berechn. als tägl. Filtrat.-Geschwindigk.)	Durchschnittliche tägliche Filtrationsgeschwindigkeit	Filtrationsdruck während einzelner Stunden	Durchschnittlicher täglicher Filtrationsdruck
20. VII.	m	m	cm	cm
1	2,39		53½	
2	2,42		54	
3	2,37		53	
4	2,35		51	
5	2,33		51	
6 Vorm.	2,32		51	
7	2,27		51½	
8	2,20		50½	
9	2,12		50	
10	2,12		50	
11	2,20	2,15	51	50,1
12	2,09		49½	
1 Nachm.	2,11		49½	
2	2,05		49	
3	2,07		49	
4	2,04		49	
5	2,07		49½	
6	2,11		49	
7	2,04		49	
8	2,04		49	
9	2,00		49	
10	1,97		48½	
11	1,94		48½	
12	2,00		49	
21. VII.				
1	2,07		49½	
2	2,01		49	
3	1,95		49	
4	1,92		49	
5	1,97	2,01	48½	50,8
6 Vorm.	2,01		49	
7	2,04		49½	
8	2,07		50	
9	2,07		50½	
10	2,05		50½	
21. VII.	m	m	cm	cm
11 Vorm.	2,07		50½	
12	2,07		50½	
1 Nachm.	2,01		50½	
2	2,04		50	
3	2,03		51	
4	2,01		51	
5	2,00		51	
6	1,97		51	
7	1,97		51	
8	1,97		51½	
9	1,95		51½	
10	2,01		51½	
11	2,04		52	
12	2,04		51½	
22. VII.				
1	2,01		51½	
2	2,04		52	
3	1,97	1,94	51½	52,2
4	1,97		51½	
5	1,97		51½	
6 Vorm.	2,00		52	
7	1,98		52	
8	1,97		52½	
9	1,94		52½	
10	1,94		52	
11	1,95		52	
12	1,97		52½	
1 Nachm.	1,94	1,94	52½	52.2
2	1,94		52	
3	1,95		52	
4	1,94		52½	
5	1,91		53	
6	1,87		53	
7	1,84		53	
8	1,87		53½	

Während der Zeit, als das Wasser dieses Absatzbassins zu Ende ging, wurde 1 Liter der Reincultur des rothen Bacillus dem Wasser des Absatzbassins Nr. II zugesetzt. Am 20. Juli um 1/4 10 in der Früh hat man begonnen, mit dem Wasser dieses Absatzbassins zu arbeiten. Die Zufuhr dieses Wassers dauerte bis 3 Uhr den 21. Juli, worauf wieder nur ein von rothen Bacillen freies Wasser zur Filtration benützt wurde.

Am 20. Juli um 7 1/2 Uhr in der Früh wurde mit der Entnahme der zur bacteriologischen Untersuchung nöthigen Wasserproben des filtrirten Wassers begonnen. Dieselben wurden am 20., 21., 22. Juli womöglich jede Stunde geschöpft. Gleichfalls aus dem Wasser des Absatzbassins wurden Platten gegossen.

Ergebnisse der Untersuchung auf rothe Bacillen sind übersichtlich in der Tabelle VI eingetragen.

Der Gang des Filtrationsdruckes und der Filtrationsgeschwindigkeit während der Dauer dieser Versuche ist in der Tabelle Va verzeichnet. (Folgt Tabelle VI auf S. 342.)

Nun wollen wir die Schlussfolgerungen, welche aus den Versuchen der IV. und V. Serie gezogen werden können, anführen.

Vor Allem liefern die Versuche der IV. Serie[1]) den Beweis, dass die Behauptung Fränkel's und Piefke's, dass die Sandfilter kein vollständiges Zurückhalten der in dem Rohwasser befindlichen Bacterienkeime bewirken, richtig ist. Gegen meine Versuche kann aber, glaube ich, der Einwand nicht erhoben werden, dass die Nachahmung des Filtrationsvorganges, wie derselbe in der Praxis statt findet, keine vollständige wäre. Denn dem oben Angeführten gemäss wurde die innere Seite des Filtrirbassins in Cement ausgeführt. Es wurde bei diesen Versuchen eine Filtrationsgeschwindigkeit von 3 m, welche der in der Praxis angewendeten gleich ist, gewählt.

Auch in Bezug auf das gleichmässige Verhalten der Filtrationsgeschwindigkeit und auf das allmähliche Wachsen des

1) Die Versuche der V. Serie werden jetzt absichtlich nicht berücksichtigt, weil vor ihrem Beginn die Filtrationsgeschwindigkeit auf 2 m herabgesetzt wurde.

Filtrationsdruckes können, wie man sich nach der Tabelle Va leicht überzeugen kann, unseren Versuchen keine Einwände gemacht werden.

Tabelle VI.

Zahl der rothen Bacillen in 1 ccm des unfiltrirten Wassers
in dem Absatzbassin Nr. 1 = 15 000,
in dem Absatzbassin Nr. 2 = 50 000.

Filtrirtes Wasser.

Zeit, zu welcher die Wasserprobe geschöpft wurde: Datum	Stunde	Gesammtmenge d. zur bacteriol. Untersuch. entnomm. Wassers	Zahl der rothen Bacillen in 1 ccm des filtrirten Wassers
		ccm	
20.VII.92	7 1/2 Früh	1	2
	8 1/2	2	3
	9 1/2	2	5
	10 1/2	2	7
	11 1/2	2	5
	12 1/2 Nachm.	3	5
	1 1/2	1	5
	2 1/2	2	9
	3 1/2	2	8
	4 1/2	1	7
	5 1/2	2	9
	6 1/2	2	7
	7 1/2	2	9
	8 1/2 Abends	2	12
	9 1/2	2	8
	11 1/2	2	13
21.VII.92	2 1/2 Früh	2	19
	3 1/2	2	14
	5	2	22
	6 1/2	2	18
	7 1/2	2	19
	8 1/2	2	19
	9 1/2	2	19
	10 1/2	2	30
	11 1/2	2	11
	12 1/2 Nachm.	2	22
		ccm	
21.VII.92	1 1/2 Nachm.	2	23
	2 1/2	2	29
	3 1/2	2	28
	4 1/2	2	22
	5 1/2	2	25
	6 1/2	2	20
	7 1/2	1	24
	8 1/2 Abends	2	20
	9 1/2	1	18
	10 1/2	1	19
	11 1/2	1	23
22.VII.92	3 1/2 Früh	2	19
	5	2	15
	6 1/2	1,5	19
	8	1	9
	9	2	15
	10	1	10
	11	1	19
	12	2	20
	1 Nachm.	2	12
	2	1	11
	3	2	18
	4	1	9
	5	1	7
	6	1	9

Als Hauptbeweis aber, dass der bei unserem Sandfilter stattfindende Filtrationsvorgang wirklich hinsichtlich seiner Wirkung den grossen, in der Praxis üblichen Filterbassins nicht nachsteht,

können die Versuche der III. Serie angeführt werden, welche denjenigen der IV. Serie unmittelbar vorangingen. Bei diesen Versuchen schwankte nämlich die Zahl der Bacterienkeime in dem filtrirten Wasser zwischen 15 und 42 pro 1 ccm, welcher Erfolg in Anbetracht des an einigen Tagen ziemlich hohen Gehaltes des Rohwassers an Bacterien als ein sehr günstiger zu nennen ist, und welcher sicher den in der grossen Praxis erzielten Resultaten zur Seite gestellt werden kann.

Was die Zahl der durchgehenden Bacterien betrifft, so differiren aber unsere Versuche in beträchtlichem Maasse von denjenigen Piefke's und Fränkel's.

In der Serie IV enthält 1 ccm des filtrirten Wassers bei der durchschnittlichen Filtrationsgeschwindigkeit von 3 m täglich in maximo 16 rothe Bacillen. Da das Rohwasser 50 000 rothe Bacillen enthielt, so ist der minimale Filtrationseffect gleich 50 000 : 16 oder 3125 : 1.

Der durchschnittlich erzielte Filtrationseffect bei den Versuchen der IV. Serie ist gleich 50 000 : 7,2 oder 6944 : 1.

Der maximale Filtrationseffect ist gleich 50 000 : 2 oder 25 000 : 1.

Bei der V. Serie kann die Berechnung des Filtrationseffectes nicht so sicher ausgeführt werden, indem zuerst ein Wasser mit 15 000 rothen Bacillen, später ein Wasser mit 50 000 rothen Bacillen dem Sandfilter zugeführt wurde. Weil nun der Zeitpunkt, in welchem das Wasser mit 15 000 rothen Bacillen hinsichtlich des abfliessenden filtrirten Wassers aufgehört hat zu wirken, nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, so ist es auch nicht möglich, den Filtrationseffect mit voller Bestimmtheit zu berechnen.

Nichts destoweniger kann bis zu einem gewissen Wahrscheinlichkeitsgrade auch der bei den Versuchen dieser Serie erzielte Filtrationseffect festgesetzt werden.

Auf Grund der Filtrationsgeschwindigkeit, welche in den Versuchen der V. Serie ca. 2 m pro Tag betrug, kann nämlich annähernd jene Zeit berechnet werden, welche das Wasser braucht, um die Filtrationsschichten zu passiren. Bei Berechnung dieser

Zeit muss man aber in's Auge fassen, dass die Filtrationsgeschwindigkeit die Länge jener Bahn angibt, welche das Wasser im leeren Filter Durchgehen müsste, um den Abfluss eines bestimmten Quantums in einer gewissen Zeiteinheit aus dem Filter zu bewirken.

In unserem Falle ist bei der Filtrationsgeschwindigkeit von 2 m pro Tag die zum Durchgehen durch die Bahn der Filterschichten des leeren Filters nöthige Zeit annähernd 20 Stunden. Da aber das Filterbassin mit Sandschichten ausgefüllt ist, so ist es klar, dass, wenn das bestimmte, der Filtrationsgeschwindigkeit von 2 m pro Tag entsprechende Quantum Wassers abfiltrirt werden soll, die Geschwindigkeit des Wassers zwischen den Sandkörnern grösser sein muss.

Da das zwischen den Sandkörnern enthaltene Porenvolum auf 30 % der ganzen Sandmasse geschätzt werden kann, so ist es einleuchtend, dass die Filtrationsgeschwindigkeit annähernd dreimal grösser, und die zum Passiren der Sandschichten nöthige Zeit dreimal kleiner als ca. 7 Stunden betragen muss.

Weil das Wasser aus dem Absatzbassin Nr. 1 dem Sandfilter bis 9¼ Uhr in der Früh des 20. Juli zugeführt wurde, so könnte das dem gleich darauf angeschlossenen Absatzbassin entsprechende Wasser ca. um 5 Uhr Nachmittag aus dem Filter zu fliessen beginnen.

Diese Art der Berechnung gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn wir die Tabelle VI mit Rücksicht auf diese Berechnung betrachten. Wir sehen nämlich, dass am 20. Juli 1892 um 5 Uhr Nachmittag, zu welcher Zeit das mit grösserer Menge der rothen Bacillen gemischte Wasser von dem Sandfilter anfangen sollte abzufliessen, thatsächlich die Menge der im filtrirten Wasser gefundenen Bacillen zu wachsen beginnt.

Wenn wir diese durch Rechnung gefundene Zeitgrenze als Basis zur Feststellung des Filtrationseffectes wählen, so sehen wir, dass die maximale Menge der rothen Bacillen des filtrirten Wassers am 21. VII. um 10½ Uhr Vormittag 30 beträgt.

Der minimale Filtrationseffect ist also gleich 50 000 : 30 oder **1666 : 1.**

Auch für die Zeit, in welcher das Wasser mit 15 000 rothen Bacillen zugeführt wurde, kann auf ähnliche Weise der Filtrationseffect gefunden werden. Bis 5 Uhr Nachmittag des 20. Juli ist die höchste Zahl der rothen Bacillen des filtrirten Wassers 9.

Der Filtrationseffect ist also gleich 15 000 : 9 oder **1666 : 1.**

Jetzt handelt es sich um die Berechnung des durchschnittlichen Filtrationseffectes der Versuche der V. Serie. Dieser kann sowohl für das Stadium, während welchen das Wasser mit 15,000 als auch für jenes, während dessen das Wasser mit 50 000 rothen Bacillen in das Sandfilter floss, berechnet werden.

Der durchschnittliche Filtrationseffect für die Zeit von 7 $^1/_2$ Uhr in der Früh bis 5 Uhr Nachmittag des 20. Juli ist 15 000 : 5,9 (5,9 = die durchschnittliche Menge der rothen Bacillen des filtrirten Wassers) oder **2542 : 1.**

Der durchschnittliche Filtrationseffect für die Zeit von 5 Uhr Nachmittag des 20. Juli bis 5 Uhr Nachmittag des 21. Juli ist 50 000 : 16 oder **3125 : 1.**

Der maximale Filtrationseffect für das dem Wasser mit 15 000 rothen Bacillen entsprechende Zeitstadium ist gleich 15 000 : 2 oder **7500 : 1.**

Der maximale Filtrationseffekt für das Stadium, während dessen das Wasser mit 50,000 rothen Bacillen zufloss, ist gleich 50,000 : 7 oder **7142 : 1.**

Aus der eben dargelegten Berechnung geht hervor, dass bei der Filtrationsgeschwindigkeit von 3 m pro Tag der Versuche der IV. Serie der durchschnittliche Filtrationseffect annähernd 7000 : 1, bei den Versuchen der V. Serie mit der Filtrationsgeschwindigkeit annähernd 3000 : 1 gleich war.

Diese Zahlen beweisen, dass der in unseren Versuchen erzielte Effect viel besser war, als in den Experimenten Fränkel's und Piefke's, welche ihn auf 1000 : 1 schätzen.

Dass bei unseren Versuchen ein besserer Filtrationseffect erreicht wurde, kann man, glaube ich, leicht erklären. In dieser Hinsicht ist vor Allem nöthig, darauf hinzuweisen, dass man mit den Versuchen, welche vermittelst der Reinculturen ausgeführt

wurden, erst dann begonnen hat, als der Sandfilter sich 2½ Monate in Thätigkeit befand und nachdem durch vorläufige Experimente festgestellt worden war, dass derselbe in ähnlicher Weise, wie die in der Praxis benützten Filterbassins wirkt. Man braucht den oben angeführten Erfahrungen zu Folge kaum in Zweifel zu ziehen, dass, wenn man die Versuche mit rothen Bacillen schon während der I. oder der II. Filtrationsperiode ausgeführt hätte, der Effect bei Weitem nicht so vollkommen ausgefallen wäre.

Beobachten wir aber die Versuche Piefke's und Fränkel's, so sehen wir, dass man dieses Moment ausser Acht gelassen hat. Man ist an die Ausführung der diesbezüglichen Versuche gleich nach Construction des Filters, d. h. in einem für den Filtrationsvorgang, wie oben bewiesen wurde, ungünstigen Zeitpunkte, getreten. Die Experimente Piefke's und Fränkel's dauerten zwar einige Monate hindurch, nichts destoweniger kann man aus den Tabellen Fränkel's und Piefke's den Nachweis liefern, dass der Filtrationseffect auch in den späteren Perioden nicht ein befriedigender war.

In diesen Tabellen befindet sich eine die Gesammtzahl der Bacterienkeime des filtrirten Wassers angebende Rubrik.

Betrachten wir diese Rubrik bei der Tabelle IIb[1]) und IV[1]) (Versuche der II. und IV. Serie), so sehen wir Folgendes:

Während der Filtrationsperiode vom 14. bis 20. Juni erreicht die Gesammtzahl der Bacterienkeime des filtrirten Wassers pro 1 ccm bei der Filtrationsgeschwindigkeit von 300 mm stündlich an einigen Tagen die Höhe: 1390, 240, 460, 520, 420, 320, 160.

In der Periode vom 5. VI. bis 2. VII. ist die Zahl der Bacterienkeime des filtrirten Wassers pro 1 ccm bei einer Filtrationsgeschwindigkeit von 50 mm stündlich an einigen Tagen gleich: 110, 130, 129, 286, 230, 260, 220, 210.

In der Periode vom 15. August bis 23. Oktober (Filtrationsgeschwindigkeit 25 mm stündlich) enthielt das Wasser an einigen Tagen: 108, 144, 147, 381 Bacterienkeime pro 1 ccm.

Bei dem anderen Sandfilter erreicht in derselben Zeit bei der Filtrationsgeschwindigkeit von 50 mm stündlich die Gesammt-

1) Zeitschrift f. Hygiene, Bd. VIII, S. 1 (Tabellen S. 33 bis 39).

zahl der Bacterienkeime des filtrirten Wassers pro 1 ccm die Höhe 202, 296, 453, 680, 219, 167, 180, 125, 194, 150, 154, 128, 158.

Diese eben angeführten Zahlen liefern den Beweis, dass der Filtrationsvorgang in den Versuchen Piefke's und Fränkel's kein besonders günstiger war, dass also die von den technischen Fachmännern hinsichtlich der Wirkungsfähigkeit der von ihnen benützten Filter erhobenen Einwände begründet waren.

Eine andere bemerkenswerthe Erscheinung ist unter Hinweis auf die Tabelle IV und V meiner Arbeit die, dass die rothen Bacillen in dem filtrirten Wasser noch eine ziemlich lange Zeit nach Beendigung der Zufuhr des die rothen Bacillen enthaltenden Wassers nachweisbar waren. So z. B. in der Serie IV hat man die Zuströmung des Wassers mit rothen Bacillen um 9 Uhr am 17. Juli geschlossen Nichts destoweniger hat man die rothen Bacillen noch am 19. VII. um 6½ Uhr Abends, d. h. nach 57 Stunden in dem filtrirten Wasser gefunden.

Gleichfalls in der Serie V, wo der Abschluss des Wassers mit rothen Bacillen am 21. Juli um 3½ Uhr in der Früh stattfand, wurden die rothen Bacillen im filtrirten Wasser nech nach 33 Stunden, nachgewiesen.

Man kann daraus den Schluss ziehen, dass, wenn ein zeitlich ziemlich begrenzter Zufluss von einem pathogene Keime enthaltenden Wasser auf das Sandfilter stattfindet, ein sehr geringer Bruchtheil der Letzteren lange Zeit, wiewohl schon längere Zeit hindurch das zuströmende Wasser von solchen frei sein kann, mit dem filtrirten Wasser abgehen kann.

Es wäre jedenfalls sehr wichtig, die Zeitlänge dieses, um sich so auszudrücken, nachträglichen Entkommens der Keime kennen zu lernen. Auf diese Frage geben aber die von mir ausgeführten Versuche keine Antwort. Als ich nämlich die Versuche mit rothen Bacillen in Angriff nahm, habe ich mich der Meinung hingegeben, dass vielleicht das Entweichen von rothen Bacillen, wenn es überhaupt zum Vorschein kommt, zeitlich ziemlich begrenzt wird. Icb habe mich demnach der Vermuthung hingegeben, dass, wenn die Entnahme von Proben des

filtrirten Wassers 30—40 Stunden nach dem Abschlusse des die rothen Bacillen zuführenden Wassers stattfinden wird, dass man dabei das ganze Bild des voraussichtlichen Durchschlüpfens von Mikroben erhaschen wird.

Wie man sieht, haben mich die Versuche eines Anderen belehrt. Es ist somit einleuchtend, dass, wenn man diese Frage lösen wollte, man die Dauer solcher Versuche bedeutend verlängern müsste.

Was die Erklärung dieses nachträglichen Erscheinens der rothen Bacillen im filtrirten Wasser betrifft, so ist anzunehmen, dass ein Bruchtheil der schon einmal in dem Sandfilter festgehaltenen Keime doch unter Umständen durch die Wirkung der Strömung in Bewegung gesetzt und fortgeschwemmt wird.

Endlich ist noch eine interessante Erscheinung zu besprechen. Beobachten wir nämlich den durchschnittlichen Filtrationseffect der Serie IV, so sehen wir, dass er fast zweimal so gross ist, als derjenige der Serie V. Diese Erscheinung muss um so mehr auffallen, als die Filtrationsgeschwindigkeit bei den Versuchen der V. Serie viel kleiner war (nämlich 2 m pro Tag.) Den herrschenden Anrichten gemäss sollte man erwarten, dass der durchschnittliche Filtrationseffect bei den Versuchen der V. Serie wachsen wird. Denn es ist doch ein allgemein anerkanntes Gesetz: Je kleiner die Filtrationsgeschwindigkeit, desto vollkommener der Filtrationseffect.

Um die allgemeine Gültigkeit dieses Gesetzes aufrecht zu erhalten, könnte man vielleicht darauf hinweisen, dass vor dem Beginne der Versuche der V. Serie die Filtrationsgeschwindigkeit von 3 auf 2 m herabgesetzt wurde, und dass eben in dieser Aenderung der Grund der Verschlechterung der Filtration zu suchen ist.

Dagegen ist aber in's Auge zu fassen, dass die Verkleinerung der Filtrationsgeschwindigkeit allmählich geschah, so dass der sonst geringe Zuwachs des Filtrationsdruckes um 6 cm sehr langsam zu Stande kam. Schon in Anbetracht dieses Sachverhaltes erschien es somit wenig plausibel, dass durch die allmähliche

Verminderung der Filtrationsgeschwindigkeit eine Beschädigung der filtrirenden Schlammdecke zu Stande kommen könnte. Ausserdem kann man gewisse Momente anführen, welche noch mehr gegen die oben angeführte Erklärung sprechen. Sollte nämlich der schlechtere Filtrationseffect durch Beschädigung der filtrirenden Schlammschichte infolge der erniedrigten Filtrationsgeschwindigkeit entstehen, so müsste man annehmen, dass sich dieser Uebelstand in kurzer Zeit verbessern müsste. Denn wir haben z. B. bei den Versuchen der II. Serie gesehen, dass nach Abtragung der ganzen filtrirenden Schlammschichte sich der vollständige Filtrationseffect nach 41 Stunden eingestellt hat. Prüfen wir die Versuche der V. Serie in dieser Richtung, so sehen wir, dass im Verlaufe von zwei Tagen keine Besserung des Filtrationseffectes eingetreten ist. Denn die Menge der durchtretenden rothen Bacillen am 22. VII. 1892 beträgt 19, 15, 9, 15, 10, in 1 cm des filtrirten Wassers, was dem Filtrationseffect 50000 : 14,5 oder annähernd 3448 : 1 entspricht.

Beobachten wir den Filtrationseffekt in den ersten Stunden der V. Serie, so sehen wir, dass 1 cm des filtrirten Wassers 2 3, 5, 7, 5, 5, 5 rothe Bacillen enthält, was dem Filtrationseffec, 15000 : 4,6 oder 3260 : 1 entspricht.

Aus dieser Berechnung geht deutlich hervor, dass im Verlaufe von 2 Tagen keine merkliche Besserung des Filtrationseffectes in Erscheinung getreten ist.

Indem also die eben besprochene Erklärung der Verschlechterung des Filtrationseffectes keineswegs befriedigend ausfällt, so tritt die Frage heran, ob es nicht möglich wäre, diese Verschlechterung des Filtrationseffectes auf eine andere Weise zu deuten. Ich glaube, dass es thatsächlich möglich ist.

Wir haben nämlich gehört, dass ein gewisser Bruchtheil der schon einmal in dem Filter festgehaltenen Bacillen sich wieder lockern und mit dem Strome fortgeschwemmt werden kann.

Infolgedessen erscheint es als weitere und natürliche Consequenz dieses Verhaltens, dass, je mehr rothe Bacillen in dem Filter festgehalten werden, eine desto grössere Zahl derselben sich wieder loslösen und mit dem Wasser entschlüpfen kann.

Wenden wir uns nun im Sinne dieser Speculation zu den Versuchen der V. Serie, so sehen wir, dass wirklich bei derselben eine grössere Ansammlung von rothen Bacillen in der Filtrirmasse stattgefunden haben musste; denn die Serie V folgte unmittelbar auf die Serie IV, während welcher ein Wasser mit 50 000 rothen Keimen in 1 ccm dem Filter zuströmte. Somit ist die Möglichkeit gegeben, dass eben die grössere Ansammlung der rothen Bacillen im Sandfilter dem grösseren nachträglichen Abgange derselben Vorschub geleistet hat.

Welche von den eben discutirten Deutungen thatsächlich die richtige ist, kann selbstverständlich nur auf Grundlage von neuen Versuchen beantwortet werden.

Untersuchungen über Giftbildung verschiedener Vibrionen in Hühnereiern.

Von

Stabsarzt Dr. Bonhoff.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die von Hüppe[1]) und Scholl[2]) vorgeschlagene und ausgeführte Züchtung von Cholerabacterien in rohen Hühnereiern und die von diesen Autoren zuerst versuchte Reingewinnung der auf solchen Nährböden gebildeten Giftstoffe haben zu einer Reihe von Arbeiten in dieser Richtung Anlass gegeben, die zum Theil ganz auseinandergehende Resultate zeitigten. Auf die bei diesen Meinungsverschiedenheiten sich gegenüberstehenden Ansichten wird weiter unten genügend Gelegenheit sich ergeben, näher einzugehen. Alle diese Arbeiten beschäftigen sich ausschliesslich mit den Veränderungen, die von Cholerabacterien im Ei hervorgerufen werden. Erst in letzter Zeit ist in einer Arbeit von Grigoriew[3]), die aus dem hygienischen Institut Berlin hervorgegangen und in dieser Zeitschrift, Bd. XXI, erschienen ist, betont worden, dass es an sich nicht ohne Bedeutung ist, die Spaltungsproducte des Eies, wie sie von anderen Vibrionen gebildet werden, kennen zu lernen, und dass man nur auf diesem

1) Hüppe. Ueber Verwendung von Eiern zu Culturzwecken. Centralbl. f. Bact. u. Parasitenk., 1888, Bd. IV, Nr. 4.

2) Scholl. Archiv f. Hygiene, 1892, Bd. XV, S. 172 ff. Untersuch. über giftige Eiweisskörper bei Cholera asiatica.

3) Grigoriew. Archiv f. Hygiene, 1894, Bd. XXI, 2. Heft, S. 142 ff.

Wege im Stande ist, festzustellen, ob die durch den Choleravibrio hervorgerufenen Spaltungen in Hühnereiern überhaupt specifischer Natur sind. Grigoriew theilt dann seine Versuchsergebnisse, die er bei der Züchtung des Choleravibrio, des Vibrio Metschnikoff, des Vibrio Finkler-Prior, des Dencke'schen und des Vibrio aquatilis Günther in rohen Hühnereiern und bei der Einspritzung der gereinigten Giftsubstanzen in die Bauchhöhle von Meerschweinchen erhalten hat, des genaueren mit. Die beiden letztgenannten Vibrionenarten hatten sich in den Eiern so gut wie gar nicht vermehrt, wahrscheinlich weil die letzteren bei einer Temperatur gehalten waren, die den beiden Species eine Vermehrung auch auf anderen Nährböden nicht gestattet. Die mit Vibrio Finkler-Prior geimpften Eier zeigten eine gute Vermehrung der eingebrachten Bacterien; 3 bis 4 Wochen nach der Impfung nahm das Eiweiss derselben eine schmutziggelbe Färbung an, ohne bedeutende Aenderung seiner Consistenz. Der Dotter wurde flüssiger und mit gelbgrauem Häutchen umgrenzt. Die Culturen von Metschnikoff's Vibrionen in Hühnereiern glichen sonst in Allem jenen der Choleravibrionen, unterschieden sich nur durch stärkere Verflüssigung des Eiweisses und durch eine andere, eher schmutziggelbe Färbung, während das Eiweiss der Choleraeier schmutziggrau verfärbt war.

Nach der Injection des Eiweisses von Finkler-Prior-Eiern in die Bauchhöhle von Meerschweinchen traten leichte krampfhafte Contracturen in den hinteren Extremitäten der Thiere ein, und es zeigte sich eine ziemlich bedeutende Temperaturabnahme; doch waren die Thiere nach 1/2 bis 1 Stunde völlig gesund. Nach der Einspritzung des durch Cholera- und Metschnikoff-Vibrionen veränderten Eiweisses traten die Krankheitserscheinungen und der Tod der Thiere in kürzerer Zeit ein, als nach Injection derselben auf anderen Nährböden gezüchteten Vibrionen. Doch zeigte das Krankheitsbild genau die von Gruber und Wiener beschriebene Eigenthümlichkeit, dass auf den etwa 30 Minuten dauernden, der Einspritzung folgenden Anfall von Mattigkeit und Zittern Erholung und dann erst nach etwa drei Stunden das typische Vergiftungsbild folgte.

Die Metschnikoff'schen Vibrionen riefen schwerere Erscheinungen derselben Art hervor wie die Cholerabacillen.

Die nach Scholl'scher Methode (mit der von Gruber[1]) angegebenen Abänderung) gewonnenen wässerigen Extracte des Alkoholniederschlages der inficirten Eier hatten auf Meerschweinchen einen sehr verschiedenen Einfluss. Während die »Finkler-Prior-Extracte« nur vorübergehende Excitationserscheinungen hervorriefen, erzeugten die »Cholera- und Metschnikoff-Extracte« vollkommen ausgeprägte Giftwirkungen, die sich nur dadurch von einander unterschieden, dass V. Metschnikoff schwerere Erscheinungen in kürzerer Zeit hervorrief, und dass das Exsudat in der Bauchhöhle der gestorbenen »Metschnikoff«-Thiere einen blutigen Charakter hatte. Grigoriew zieht aus seinen Experimenten den Schluss, dass die Vibrionen der Cholera asiatica, Metschnikoff und Finkler-Prior offenbar einander ähnliche Giftstoffe entstehen lassen, wenn sie unter vergleichbaren Verhältnissen gezüchtet werden.

Die eben in Kürze mitgetheilten Resultate Grigoriew's liessen eine Prüfung der einschlägigen Verhältnisse auch bei anderen Vibrionenarten wünschenswerth erscheinen, und mein hochverehrter Chef, Herr Prof. Rubner, beauftragte mich im Frühjahr des Jahres mit der Aufgabe, die Untersuchung Grigoriew's auf den Vibrio Danubicus, Vibrio Berolinensis und Vibrio Dunbar auszudehnen, zu gleicher Zeit aber zu untersuchen, ob die nach Einspritzung der Eierextracte etwa am Leben bleibenden Thiere eine tödtliche intraperitonale Choleraimpfung überstehen würden. Im positiven Sinne ausfallende Versuche würden dann einen Zweifel an der Identität der in solchen Eiern durch jeden der genannten Vibrionen erzeugten Gifte und der in den Leibern der Cholerabacterien enthaltenen bezw. an der Gleichheit ihrer Wirkung auf die Bauchhöhle der Meerschweinchen kaum noch gerechtfertigt erscheinen lassen.

---

1) Gruber. Weitere Mittheilungen über vermeintliche und wirkliche Choleragifte. Wiener klin. Wochenschr. Nr. 48, 1892.

Zur Controle wurden auch aus mit Cholerabacterien geimpften und aus ungeimpften, aber sonst in ganz gleicher Weise wie die geimpften behandelten Eiern die wässerigen Extracte des Alkoholniederschlages hergestellt und in gleichem Sinne geprüft.

Die bei der Impfung der Eier angewendete Methode unterscheidet sich nicht in irgend einem wesentlichen Punkte von der allgemein üblichen. Möglichst frische Eier wurden gründlich gereinigt, vier Stunden in salzsauren Sublimat 1 : 1000 gelegt, dann mit abs. Alkohol, dann mit Aether abgewaschen und in eine grosse, mit steriler Watte am Boden bedeckte, sterilisirte Doppelschale gelegt. Bei der sofort vorgenommenen Impfung wurde das Ei mit der möglichst sterilisirten linken Hand (gründliche Waschung, Desinfection und Alkoholbenetzung der Finger) gehalten, mit der rechten am spitzen Pol ein Loch von eben genügender Weite mit Hilfe eines aus abs. Alkohol genommenen, frisch in der Flamme abgebrannten sterilen Wassers gebohrt und durch dasselbe die Platinnadel mit der Cultur an der Spitze eingeführt bis etwa zur Mitte des Eies. Der Verschluss geschah mit heissem, flüssigem Paraffin in dreifacher Schicht; das geimpfte Ei wurde, falls seine Schale nicht weiter geborsten war, sofort in eine zweite, ebenso wie oben beschrieben ist, vorbereitete Doppelschale gelegt; sämmtliche Eier dann in dem Brütschrank bei 37,6 ° C. untergebracht. Der Aufenthalt daselbst betrug bei allen Eiern, geimpften und ungeimpften, 19 Tage. Die Eröffnung der Eier geschah durch Entfernung des Paraffins mit heissem, sterilem Messer und geringe Erweiterung des Loches. Auf die so genügend weite Oeffnung wurde die Mündung eines sterilen Erlenmeyer'schen Kölbchens angesetzt und umgedreht. Floss der Inhalt nicht sogleich aus, so wurde eine kleine Gegenöffnung am oben befindlichen Pol angebracht. Beim Oeffnen und Abfliessen des Inhaltes wurde Farbe, Consistenz der einzelnen Theile und der Geruch des Eies beobachtet. Nach Aufhören des Abflusses, der häufig durch die zähe Consistenz des Dotters etwas verzögert wurde, kam mit dem Wattepropfen in das Kölbchen ein mit basischem Bleiacetat getränkter Papierstreifen. Der Inhalt des zerschlagenen Eies, das immer noch Reste des Eiweisses und an der Seite, auf welcher

es gelegen, auch Dotterreste enthielt, wurde dann schnell zur Impfung eines schräg erstarrten gewöhnlichen Agarröhrchens, eines Traubenzucker-Agarröhrchens in hoher Schicht und zur Prüfung der Reaction mittels blauen und rothen Lakmuspapieres benützt; von den Eiweiss- und Dotterresten ausserdem sofort ein mikroskopisches Präparat angefertigt. Nach Schütteln des Erlenmeyer'schen Kölbchens und einigem Zuwarten wurde dann der Papierstreifen zur Schwefelwasserstoff-Reaktion entfernt, zu gleicher Zeit diese Oeffnung des Kölbchens benutzt, um ein zweites schräges Agarröhrchen und Traubenzucker-Agarröhrchen und ein verflüssigtes Gelatineröhrchen zu impfen. Hierbei wurden die Oesen und Nadeln möglichst viel mit den verschiedenen Theilen des Eies in Berührung gebracht. Das Gelatineröhrchen diente als Original zu einer Verdünnungsplatte, beide wurden ausgegossen und aufbewahrt. Das Kölbchen kam bis zum nächsten Morgen auf Eis und wurde je nach dem Resultate der culturellen etc. Untersuchung entweder mit Alkohol behandelt oder vernichtet. Die Gelatineplatten, bei 22° C. während vier Tagen aufbewahrt, wurden täglich untersucht. Die Agar-Röhrchen kamen in den Brütschrank und wurden bereits am nächsten Morgen untersucht, jedes einzelne auch mikroskopisch, dann vernichtet. Die mikroskopischen Präparate wurden, wenn sie lufttrocken und durch die Flamme gezogen waren, ganz kurz mit 1 % Essigsäure behandelt (die Säure mit dest. Wasser abgespült), dann einige Zeit in Aether gelegt und nun mit einer dünnen, wässerigen Fuchsinlösung kalt 15 Minuten gefärbt. Nach einer kurzen Erwärmung über dem Bunsenbrenner wurde dann der Farbstoff entfernt und in Wasser untersucht. Es mag gleich hier hervorgehoben werden, dass nach meiner Ansicht auf das mikroskopische Präparat der allergeringste Werth bei dem ganzen Verfahren, sich ein Urtheil über die Reinheit der Eicultur zu verschaffen, zu legen ist. Denn abgesehen davon, dass die Bilder immer undeutlich sind, auch wenn man eine gewisse Uebung in dieser Untersuchung erlangt hat, dass sehr häufig die geronnenen Eiweisssubstanzen und die nicht ganz entfernten Fettkörper ganze Gesichtsfelder zur Untersuchung untauglich machen,

repräsentirt die zum Anfertigen verwendete Spur des Eies einen so geringen Bruchtheil der ganzen voluminösen Cultur, dass man sich hüten sollte, gerade nach dieser Untersuchung ein Urtheil über die Beschaffenheit der Eicultur abzugeben. In späteren Theilen der Arbeit wird auf diesen Punkt, die Beurtheilung der Reinheit der Cultur, noch eingehender zurückzukommen sein.

Die in jeder Beziehung, auf den Agar-, Traubenzucker-Agar-röhrchen, den Gelatineplatten und im mikroskopischen Präparat rein erwiesenen Eiculturen wurden nun, das Ei zu 30 g gerechnet, in die zehnfache Menge absoluten Alkohols eingetropft und das Gemenge, vor Verdunstung geschützt, bis zum nächsten Morgen stehen gelassen. In allen Fällen fand sich dann die Hauptmasse des Niederschlages am Boden, die darüber stehende Schicht Alkohol war völlig klar, kräftig gelb gefärbt, und an der Oberfläche der Flüssigkeit befand sich eine dünnere Schicht geronnenen Eiweisses. Jetzt wurde das Ganze durch Fliesspapier filtrirt, so lange bis der durchfliessende Alkohol völlig klar blieb, dann mit neuem abs. Alkohol völlig ausgewaschen, der Filterrückstand zwischen dicken Lagen Fliesspapier so lange abgepresst, als sich so noch etwas entfernen liess, und nun die Austrocknung und gänzliche Entfernung des Alkohols im Exsiccator über H_2SO_4 vorgenommen. Das erhaltene, ganz trockene, nicht mehr nach Alkohol riechende Pulver wurde nun mit der dreifachen Menge sterilisirten, 30° C. warmen destillirten Wassers für drei Stunden in den Brütschrank bei 38° C. gestellt, dann filtrirt, und das erhaltene Filtrat Thieren intraperitoneal eingespritzt oder bis zur Einspritzung auf Eis aufbewahrt.

Der gelb gefärbte Alkohol wurde ausserdem in einem Falle theils bei Zimmertemperatur, theils bei 100° C. abdestillirt, der verbleibende Rückstand mit 30° C. warmem, sterilisirtem, destillirtem Wasser, meist etwa 15 ccm, aufgenommen und ebenfalls zur Einspritzung bei Meerschweinchen verwendet.

Die Wirkung der Extracte wurde durch Messung der Körperwärme der Thiere, in den ersten Stunden nach der Impfung, durch Beobachtung ihres Gewichtes und durch directe Besichtigung ihres Verhaltens während einer gewissen Zeit nach der Ein-

spritzung festgestellt. Die nachfolgende Choleraimpfung wurde niemals vor Ablauf von 14 Tagen nach dem Injectionstage vorgenommen.

I. Cholera-Eier und Cholera-Ei-Extracte.

Die zur Impfung von 25 Eiern verwendete Choleracultur stammt von einem Schiffer St., der, von Hamburg kommend, im October 1893 in Wittenberge erkrankte, und dessen Dejectionen, von Herrn Sanitätsrath Dr. Hanstein dem Institut zugesandt, Kommabacillen in Reincultur enthielten. Wernicke, der in seiner Arbeit: »Beitrag zur Kenntnis der im Flusswasser vorkommenden Vibrionenarten« die von ihm isolirte Cultur beschreibt, sagt, dass diese Vibrionen sich in ihrem Wachsthum in den Colonien und auf den künstlichen Nährböden typisch verhielten; »nur war von Anfang an auffällig, dass ihre Virulenz für Meerschweinchen nicht besonders gross war, da eine Oese frischer Agarcultur (1,5 mg), in 1 ccm sterilisirter Bouillon vertheilt, nicht genügte, um bei intraabdomineller Injection den Tod bei Thieren von 300—350 g Körpergewicht herbeizuführen, sondern meist 4 und 5 Oesen hierzu erforderlich waren. Bei dieser grösseren Dosis traten dann aber die von Pfeiffer beschriebenen charakteristischen Vergiftungssymptome auf, denen in 20—30 Stunden der exitus letalis folgte.« Trotz der geringen Virulenz wurde diese Wittenberger Choleracultur St. gewählt, weil sie die frischeste, zuletzt aus Dejectionen gewonnene Cultur war, die mir zur Verfügung stand; und an der geringen Virulenz konnte man umsoweniger Anstoss nehmen, als in der Zeit der Impfung der Eier die anderen von mir fortgezüchteten Choleraarten, damals etwa 14 aus den verschiedensten Zeiten und Gegenden stammende, mit einer Ausnahme sich keiner höheren Giftigkeit erfreuten. Die Ausnahme war die aus Massauah stammende Cultur, die ich absichtlich ausschloss, da sie nicht aus Dejectionen gewonnen wurde und auch sonst nicht in jeder Weise typisch sich verhält. Dass die Wittenberger Art letzteres thut, kann ich vollauf be-

1) Wernicke. Beitrag zur Kenntnis der im Flusswasser vorkommenden Vibrionenarten. Archiv f. Hygiene, Bd. XXI, 1894, Heft 2, S. 166.

stätigen. Die einzige etwas abweichende, im Laufe der Zeit wiederholt beobachtete Eigenschaft ist eine äusserst langsame, in den ersten drei Tagen überhaupt nicht eintretende Verflüssigung von schräg erstarrtem Rinder- und Hammelserum, das ja von den meisten Choleraarten schon am zweiten Tage deutlich verflüssigt wird. Die Virulenz der Cultur wurde vor Impfung der Eier noch einmal geprüft mit dem Bacterienrasen eines Agarröhrchens, das von demselben Agarröhrchen abgeimpft war, wie die nachher zur Ei-Infection verwendete Agarcultur. Beide Röhrchen hatten 24 Stunden bei 37,6° C. gestanden und bestanden aus einer Reincultur von Kommabacillen, wie mikroskopisch und culturell festgestellt wurde. Das Bacterienmaterial wurde hier, wie bei den übrigen gleichen Versuchen, in bekannter Weise mit steriler Oese abgekratzt, der Rest mit sterilem, 36° C. warmem Wasser nachgeholt und mit steriler Koch'scher Spritze intraperitoneal beigebracht.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffs	Temperatur nach				Erfolg
				2 Std.	4 Std.	6 Std.	8 Std.	
1	320 g	38,5	1/2 Ch. Ag. C. 24 Std. alt	37,5	35,0	33,5	33,0	† nach 17 Stdn.
2	340 „	38,7	1/4 do.	37,0	36,8	36,0	36,0	† nach 40 Std.
3	330 „	38,0	1/8 do.	38,6	38,9	37,0	36,8	lebt

Die Virulenz der Cultur hatte sich also gegen die Zeit der Isolirung nicht wesentlich verändert, wenn wir infolge des langsamen Eintritts des Todes bei Thier Nr. 2 1/4 Ch.-Ag.-C. als tödtliche Minimaldosis annehmen.

Mit dem zweiten Agarröhrchen wurden nun am 16. März 1894 25 Eier geimpft in der oben genauer beschriebenen Weise; alle aus einem Röhrchen, das, wie eine nach Impfung der Eier entnommene, auf Agar verimpfte Probe des Rasens ergab, bis zum Schluss unverunreinigt geblieben war. Am dritten Tage begannen an einzelnen Eiern im Brütschrank schwarze Flecke aufzutreten, die im weiteren Verlaufe sich theilweise noch vermehrten. Am 4. April, nach 19 Tagen, zeigten die Eier äusserlich Folgendes:

Völlig weiss, unverändert in dem Aussehen der Schale war keines, kaum verändert, nur etwas schmutzig-grau aussehend, waren fünf. Eine diffuse schwärzliche Verfärbung mit geringer, schwarzer Punktirung zeigten neun Eier, und dieselbe diffuse Schwärzung mit stellenweisen dicken, bronzeartig glänzenden, grösseren Flecken war an sieben Eiern erkennbar. Vier Eier waren infolge grösserer Risse in der Schale unbrauchbar und wurden gar nicht weiter untersucht; den Eindruck des Auseinandergeplatztseins infolge starken Druckes im Inneren des Eies machten sie nicht. In Tabelle I sind die Resultate der Untersuchung bei den 21 Cholera-eiern zusammengestellt. (Folgt Tabelle I auf S. 360 u. 361.)

Der Geruch der Eier war in fast allen Fällen ein ganz charakteristischer, süsslich aromatisch, ähnlich so, wie ihn Choleraculturen auch auf anderen Nährböden zeigen. Doch war er sehr viel kräftiger und auf die Dauer geradezu widerlich. Zuweilen war neben dem Aroma deutlich ein schwach brenzlicher Geruch bemerkbar. Das Ei Nr. 20 war geruchlos wie ein völlig normales Ei, und nur zwei Eier zeigten einen deutlichen Geruch von H_2S. Wie sich durch die culturelle Untersuchung herausstellte, ist in dem Geruch ein Diagnosticum für die Reinheit des Eies nicht gegeben, da sich bei jeder Art desselben verunreinigte und durch die Untersuchung nicht als verunreinigt nachweisbare Eier fanden. Auch in der Farbe und Consistenz des Eiinhaltes war irgend ein charakteristisches Merkmal zur Unterscheidung der Reinculturen von Nicht-Reinkulturen nicht gegeben. Meist war das Eiweiss grauweiss, bzw. mehr gelblich, der Dotter honiggelb, die Consistenz des ersteren ziemlich dünnflüssig, des letzteren zähflüssig. Nur bei einem reichlicheren Gehalt der Eier an H_2S war eine wesentliche Veränderung gegenüber diesem häufigsten Befunde zu beobachten. Um so auffallender war das Ergebnis bei Ei Nr. 20, welches für Auge und Geruch von einem völlig frischen Ei nicht zu unterscheiden war, trotzdem sich in allen untersuchten Einzelproben desselben massenhaft Cholerabacterien in Reincultur vorfanden. Die Reaction der Eier war meist mehr oder weniger

Tabelle I.

Nr.	Geruch	Farbe des		Consistenz d.		Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v.		Culturen				
		Eiweiss	Eigelb	Eiweiss	Eigelb			Eiweiss	Eigelb	1 Ag. R.	2 Ag. R.	1 Tr. Ag. R.	2 Tr. Ag. R.	Gelatine-platten
1	stark süsslich-aromat.	graugelb	honiggelb	dünn-flüssig	zäh-flüssig	stark alkalisch	sehr spärlich	rein	rein	rein	rein	rein	rein	rein
2	widerlich süsslich	grauweiss	„	„	„	ganz schwach alkalisch	„	„	„	„	„	„	„	„
3	süsslich-aromatisch	„	do. aussen grünlich	„	geballt	„	„	„	„	„	unrein Coccen 10 Colonieen	„	„	„
4	stark süsslich	„	do.	„	„	stark alkalisch	deutlich	„	„	„	rein	„	„	„
5	schwach aromat.	grau	honiggelb	sehr dünn	zäh-flüssig	„	sehr spärlich	„	„	unrein Stäbchen, Sarcinen, Staphyloc.	unrein wie b. 1. R. (18 Col.)	unrein nur Stäbchen	unrein nur Stäbchen	stark verunrein. durch Sarcinen u. Diplococc.
6	schwach, zugleich brenzlich	graugelb	„	dünn-flüssig	„	schwach alkalisch	deutlich	„	„	rein	rein	rein	rein	rein
7	stark süsslich-aromat.	„	„	„	„	stark alkalisch	kein	„	„	„	„	„	„	„
8	schwach, zugleich brenzlich	grau	gelb	ganz dünn	geballt	„	„	spärlich kleine Coccen in Haufen	„	„	„	„	unrein grosse Stäbchen	„
9	stark süsslich-aromat.	graugelb	honiggelb	dünn-flüssig	zäh-flüssig	schwach alkalisch	sehr spärlich	rein	„	„	„	„	rein	„
10	do.	„	„	„	„	stark alkalisch	kein	scheinbar ganz kleine Stäbchen	„	„	„	„	„	„

Fortsetzung zu Tabelle I.

Nr.	Geruch	Farbe des		Consistenz d.		Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v.		Culturen				
		Eiweiss	Eigelb	Eiweiss	Eigelb			Eiweiss	Eigelb	1 Ag. R.	2 Ag. R.	1 Tr. Ag. R.	2 Tr. Ag. R.	Gelatine-platten
11	schwach, zugleich brenzlich	graugelb	honiggelb	dünn-flüssig	zäh-flüssig	schwach alkalisch	kein	rein	rein	rein	rein	rein	rein	rein
12	stark süsslich-aromat.	„	„	„	„	sehr stark alkalisch	„	ausser Kommas Coccen und Stäbchen	„	„	„	„	„	„
13	do.	„	„	„	„	schwach alkalisch	„	sehr grosse Stäbchen	„	„	unrein sehr grosse Stäbch.	„	„	unrein sehr grosse Stäbchen
14	do.	„	„	„	„	sehr stark alkalisch	„	rein	„	„	rein	„	„	rein
15	do.	„	„	„	„	„	„	gerade in d. Mitte ungef. Stäbchen	wie Eiweiss	unrein Stäbchen	unrein Stäb-chen	unrein Stäb-chen	unrein Stäb-chen	unrein Stäbchen
16	do.	„	„	„	„	„	„	rein	rein	rein	rein	rein	rein	rein
17	do.	schmu-tzig grau	„	sehr dünn-flüssig	„	schwach alkalisch	reichlich	„	„	„	„	„	„	„
18	schwach, zugleich brenzlich	graugelb	„	dünn-flüssig	„	stark alkalisch	kein	„	„	„	„	„	„	„
19	nach H_2S	schmu-tzig-grau	grün-schwarz	sehr dünn-flüssig	„	schwach alkalisch	sehr reichlich	„	„	„	„	„	„	„
20	geruchlos	wie bei frischem, ungeimpftem Ei				stark alkalisch	kein	„	„	„	„	„	„	rein, überall reichliche Entwickelg.
21	etwas faulig	schmu-tzig-grau	grün-schwarz	sehr dünn-flüssig	zäh-flüssig	am-photer.	ziemlich reichlich	unrein gerade Stäbchen	„	„	unrein Stäb-chen	unrein Stäb-chen	unrein Stäb-chen	rein

deutlich alkalisch, in einem Falle nur wurde bei einem stark verunreinigten Ei auch blaues Lackmuspapier schwach geröthet. Doch darf ich hier vielleicht anführen, dass ich bei einer später geimpften Serie von mit Cholera geimpften Eiern auffallend häufig amphotere, ja in einzelnen Fällen sogar schwach saure Reaktion gefunden habe. Was den Gehalt der Eier an H_2S betrifft, so fand sich kein solcher nach 19tägigem Aufenthalt im Brütschrank bei 11 Eiern; davon waren nachweisbar verunreinigt fünf. Sehr spärlich vorhanden war er bei fünf Eiern, von denen zwei Verunreinigungen aufwiesen; und mehr oder weniger reichlich fand sich H_2S bei fünf Eiern, von denen eines nicht Reincultur war. Hervorzuheben ist noch, dass durchaus nicht in allen Fällen H_2S-Gehalt und geschwärzte Schale sich deckten. Es fand sich Schwefelwasserstoff reichlich in ganz weissschaligen Eiern, und umgekehrt fehlte derselbe oder war wenigstens nicht nachzuweisen in Eiern mit ganz geschwärzter Schale. Diese Erscheinung und eine später beobachtete Thatsache, dass nämlich mit Cholera geimpfte Eier, die in einem sonst ganz leeren, längere Zeit nicht benutzten Brütschank gehalten waren, sämmtlich überhaupt keine Färbung ihrer Schale zeigten, veranlasst mich, einen bestimmenden Einfluss von aussen her, von den übrigen im Brütschrank befindlichen, H_2S producirenden Bacterienarten auf das Aussehen der Schale für wahrscheinlich zu halten. Dass ein so grosser Theil der inficirten Eier H_2S nicht mehr nachweisen liess, findet meiner Ansicht nach eine genügende Erklärung in dem späten Termin der Oeffnung der Eier, aus denen sich während der langen Zeit wahrscheinlich der H_2S verflüchtigt hatte. Jedenfalls ist in dem Ergebnis der Untersuchung auf H_2S eine Stütze für die Ansicht R. Pfeiffer's[1]), mit der dieser Autor freilich auch ganz allein steht, dass nur in verunreinigten Eiern Schwefelwasserstoff gebildet werde, nicht zu finden. Vielmehr glauben wir zu dem Schluss, dass auch in reinen Cholera-Eiculturen reichlich H_2S gebildet wird, um so mehr berechtigt zu sein, als die Untersuchung auf die Reinheit

1) R. Pfeiffer. Studien zur Choleraätiologie. Zeitsch. f. Hygiene und Infectionskrankheiten, Bd. XVI, S. 268.

der Culturen mit bisher wohl nirgends angewandter Gründlichkeit vorgenommen wurde. Es ist von vornherein einleuchtend, dass ein so voluminöser Körper wie ein Hühnerei, zumal wenn er längere Zeit aufgehoben war, den mannigfachsten Infectionen ausgesetzt gewesen sein kann, ohne dass es nothwendig zu einer allgemeinen Verbreitung des Infectionsmaterials innerhalb des Nährbodens kommen müsste. Vielmehr wird die eigenthümliche Consistenz des Nährbodens besonders nichtbeweglichen Bacterienarten gegenüber — und diese finden sich sehr häufig als Verunreinigung — oft genug eine Beschränkung der Ausbreitung aufzwingen, derart, dass solche Bacterien nur in Form kleinerer oder grösserer Heerde innerhalb des grossen Haufens von Nährmaterial sich entwickeln. Um solche Verunreinigungen nachzuweisen, bedarf es natürlich einer möglichst sorgfältigen Untersuchung, vor Allem ist die Entnahme von möglichst vielen Einzelproben aus den verschiedensten Theilen des Eiinhalts nothwendig, wenn man ein wirklich gültiges Urtheil sich bilden will. Natürlich muss dabei auch auf eine etwaige Anaerobiose der verunreinigenden Bacterienarten Bedacht genommen werden. Diese Erwägungen bildeten den Anlass dafür, dass die culturelle Untersuchung der Eier in der oben angegebenen, etwas umständlich erscheinenden Weise vorgenommen wurde. Von den acht in obiger Tabelle angeführten, als verunreinigt ausgeschiedenen Eiern zeigten zwei eine Verunreinigung auf sämmtlichen Nährböden; vier zeigten einen oder mehrere Einzelproben als frei von fremden Organismen, und bei zweien waren sämmtliche zu Culturen entnommene Theilchen in sich Reinculturen von Cholera, während im mikroskopischen Präparat, in dem einen Falle ganz deutlich, fremde Organismen nachweisbar waren. Aus den angeführten Untersuchungsergebnissen ziehe ich den Schluss — und derselbe wird durch die später mitzutheilenden Tabellen der mit den anderen Vibrionenarten geimpften Eier bestätigt —, dass es bei der Beurtheilung der Reinheit oder Unreinheit einer Eicultur weniger auf ein bestimmtes Züchtungsverfahren bzw. auf die mikroskopische Untersuchung ankommt, als darauf, dafs möglichst viele Proben aus

den verschiedensten Theilen des Eies der Behandlung unterworfen werden, die natürlich auf gewisse besondere Eigenschaften der verunreinigenden Organismen, vor Allem auf etwaige Anaerobiose, gehörige Rücksicht zu nehmen hat.

Es sei hier gleich mitgetheilt, dass die Prüfung der direct aus dem Eiinhalt geimpften Choleraculturen eine nicht unbedeutende **Steigerung der Virulenz** des Bacterienmaterials erkennen liess. Von dem ersten Agarröhrchen des Eies Nr. 6 wird der Bacterienrasen nach 24 Stunden Wachsthum abgekratzt in gewohnter Weise und mit Theilen desselben vier Meerschweinchen geimpft.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperatur nach				Erfolg
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	
4	480 g	38,2	1/4 Ch. Ag. C. Ei 6 24 Std. alt	37,0	36,5	36,0	35,4	†
5	395 „	38,1	1/8 do.	38,0	37,0	35,2	34,5	†
6	370 „	38,0	1/16 do.	38,0	37,2	36,5	35,0	†
7	400 „	38,2	1/32 do.	38,4	39,5	37,0	36,0	lebt

Die zum letalen Effect ausreichende Dosis ist also gegen die Prüfung vom 16. III. 94 um das Vierfache geringer, und man würde daraus auf eine gleich hohe Verstärkung der Virulenz schliessen können, wenn nicht das zuletzt geprüfte Agarröhrchen durch Mitausstreichen von Eiinhalt auf seiner Oberfläche zu einem gegen den früheren ganz differenten Nährboden geworden wäre.

Die 13 Choleraeier, bei denen weder durch verschiedene Culturverfahren noch durch das mikroskopische Präparat eine Verunreinigung hatte nachgewiesen werden können, wurden noch am 5. IV. Abends in 3900 ccm absoluten Alkohols tropfenweise eingeschüttet, und der Niederschlag bis zum nächsten Morgen stehen gelassen. Dann wurde filtrirt, mit absolutem Alkohol ausgewaschen, so lange derselbe noch eine gelbe Färbung beim Passiren des Niederschlags annahm, der Niederschlag abgepresst, bis zum nächsten Morgen über H_2SO_4 im Vacuum getrocknet,

das trockene Pulver mit 1200 ccm sterilen destillirten Wassers 3 Stunden im Brütschank digerirt, dann filtrirt und das Filtrat in verschiedenen Mengen Meerschweinchen intraperitoneal eingespritzt.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impftag
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.		
8	490 g	38,2	1,0	39,2	38,5	37,5	36,2	36,5	— 10 g	1
9	460 „	38,0	2,0	38,5	38,2	36,9	36,0	37,8	+ 10 „	1
10	490 „	38,2	3,0	38,9	38,1	37,0	36,3	38,0	— 15 „	1
11	410 „	38,0	4,0	38,6	38,0	37,3	35,7	36,5	— 25 „	1
12	550 „	38,4	5,0	38,6	37,5	37,0	35,9	38,3	— 10 „	1

Sämmtliche Thiere blieben am Leben und zeigten auch in den Stunden nach der Einimpfung des Extracts keine wesentlichen Krankheitserscheinungen. Sie sassen zusammengekauert auf einem Haufen in einer Ecke des Käfigs und hatten etwas Muskelzittern; am nächsten Morgen waren sie alle ganz munter und fresslustig, auch die, welche noch eine Herabsetzung ihrer Eigenwärme hatten. Der Gewichtsverlust war schon am zweiten Tage nach der Impfung bei allen wieder ausgeglichen. Jedenfalls zeigt die Temperaturerniedrigung eine gewisse Wirkung des Extractes an. Auffallend war nun, dass nach siebentägigem Aufenthalt im Eisschrank das noch sterile Extract nicht unbedeutend an Wirkung eingebüsst hatte.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impftag
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.		
13	470 g	38,4	1,0	38,5	38,8	38,5	38,0	38,4	± 0 g	1
14	460 „	38,1	2,0	38,7	39,3	38,7	38,0	38,0	± 0 „	1
15	470 „	38,2	3,0	38,0	38,6	38,2	37,4	38,3	— 16 „	2
16	475 „	38,2	4,0	37,6	38,0	37,6	36,9	38,0	— 15 „	2
17	460 „	38,5	5,0	36,4	37,5	36,7	36,4	38,2	— 14 „	2

Auch eine Eindickung des Extracts zu dieser Zeit auf ein Zehntel seines Volums liess eine Steigerung der giftigen Eigenschaften nicht hervortreten.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extracts in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impftag
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.		
18	505 g	38,4	5,0 conc. Extract	36,0	38,0	39,0	38,0	38,5	— 25 g	2
19	520 „	38,3	4,0 do.	37,8	38,5	38,0	37,7	38,6	— 28 „	2
20	540 „	38,5	3,0 do.	37,0	38,7	38,1	37,8	38,0	— 20 „	2
21	510 „	38,1	2,0 do.	38,2	39,6	38,7	38,3	38,8	— 14 „	2
22	510 „	38,2	1,0 do.	38,6	37,5	38,2	37,4	38,0	— 25 „	2

Obwohl man gerade bei diesen im Gewicht so gut übereinstimmenden Thieren eine regelmässige Steigerung der Wirkung mit der steigenden Dosis hätte erwarten sollen, ist die Temperaturcurve sowohl wie der Gewichtsverlust ein ganz unregelmässiger. Auch der Verlauf der Temperaturveränderung ist ein wesentlich anderer, indem einer anfänglichen Erniedrigung sehr bald die Rückkehr zur Norm und eine geringe Erhöhung folgt. Jedenfalls steht hier die Wirkung zur Concentration in gar keinem Verhältnis.

Von der Erwägung ausgehend, dass das supponirte Choleragift nicht nothwendig ein Eiweisskörper, auch nicht nothwendig durch Alkohol fällbar, bzw. mit dem sich bildenden Niederschlag niedergerissen werden müsse, dass vielmehr die Möglichkeit des Uebergehens eines giftigen Körpers in das alkoholische Filtrat bisher durch Versuche wenigstens nicht ausgeschlossen sei, hielt ich es für zweckmässig, den stark gelb gefärbten Alkohol abzudestilliren und den Rückstand desselben auf seine Wirkung auf Meerschweinchen zu prüfen. Die Vertreibung des Alkohols wurde bei einem Theil auf heissem Wasserbade, bei einem anderen im Vacuum über H_2SO_4 bei Zimmertemperatur vorgenommen. Der den Boden bedeckende dicke gelbe Rückstand, der dem Aeusseren nach hauptsächlich aus Fettkörpern oder ähnlichen Stoffen bestand, nicht mehr nach Alkohol roch und auch keine Jodoformprobe mehr gab, wurde mit 15 ccm sterilen destillirten Wassers von 35° C. aufgenommen, wobei sich eine weissliche, stark mit dicken Fetttropfen untermischte Emulsion bildete, und diese Flüssigkeit mit

sehr weiter Canüle in verschiedenen Mengen Meerschweinchen intraperitoneal injicirt. Der Erfolg war überraschend.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impftag
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.		
23	485 g	38,3	1,0 ccm Rückstand von $^1/_2$ l Alkohol, heiss dest., mit 15,0 ccm H_2O aufgenommen	36,2	36,8	36,4	35,8	36,9	— 15 g	1 † am 2. Tag
24	420 „	38,2	2,0 ccm wie 23	35,2	28,5	27,0	24,0	†		
25	490 „	38,1	3,0 ccm wie 23	32,0	27,5	†				
26	445 „	38,2	4,0 ccm wie 23	33,0	24,0 gleich darauf †					
27	450 „	38,2	5,0 ccm wie 23	30,0	25,0 wie 26 †					
28	360 „	37,8	1,0 ccm Rückstand von $^1/_2$ l Alkohol, kalt dest. mit 15,0 ccm H_2O aufgenommen	36,9	39,0	38,0	—	37,7	— 10 „	1 lebt
29	350 „	37,9	2,0 ccm wie 28	36,5	37,9	37,0	—	37,6	— 30 „	2 lebt
30	440 „	38,0	3,0 ccm wie 28	37,6	38,4	37,9	—	38,3	— 20 „	1 lebt
31	420 „	38,2	4,0 ccm wie 28	37,2	38,5	37,8	—	38,4	— 10 „	1 lebt
32	370 „	37,9	5,0 ccm wie 28	35,9	37,0	36,4	—	38,0	— 30 „	1 lebt

Zunächst wurde an einem neuen Rückstande nachgewiesen, dass es sich nicht um Schwefelwasserstoff bei dieser überraschenden Wirkung handelte. Dann galt es festzustellen, ob nicht doch die Wirkung auf einen noch restirenden Alkohol-Gehalt zurückzuführen sei. Es wurde daher ein neuer Rückstand hergestellt und derselbe nach dem scheinbar völligen Abdestilliren des Alkohols noch längere Zeit über dem Wasserbade erwärmt, dann einige Tage auf Eis stehen gelassen und nun erst mit H_2O aufgenommen und eingespritzt. Diesmal zeigte sich nicht die geringste Wirkung. Der Versuch wäre beweisend, wenn nicht bei der späteren längeren Erhitzung eine Veränderung des Rückstandes eingetreten wäre, die sich auch äusserlich durch eine starke Bräunung desselben documentirte. Immerhin glaube ich,

dass es sich um Alkohol-Wirkung im vorliegenden Falle handelt. Dafür spricht mir ausser obigem zweiten Versuch vor allem der Gang der Temperatur bei Thier 23 bis 27; die anfängliche rapide Senkung und dann der Exitus letalis sofort oder nach einem gewissen Verharren bei derselben Eigenwäre; und ferner die überraschende Aehnlichkeit, welche bei einem Controlversuch mit Alkohol intraperitoneal vergiftete Thiere in jeder Beziehung mit den obigen darboten.

II. V. Danubicus-Eier und -Ei-Extracte.

Die Cultur des Vibrio Danubicus, welche zu den Impfungen benützt wurde, ist dem hygienischen Institut durch die Güte des Herrn Professors Gruber sehr bald nach der Heider'schen Veröffentlichung zur Verfügung gestellt worden. Die Nachprüfungen mit dieser Cultur haben eine völlige Uebereinstimmung mit den von Heider[1]) im Centralblatte für Bacteriologie und Parasitenkunde mitgetheilten Ergebnissen über culturelle und pathogene Eigenschaften derselben geliefert, und es kann daher hier im allgemeinen auf diese Veröffentlichung verwiesen werden. Es sei nur kurz hervorgehoben, dass der Vibrio Danubicus diejenige unter den neuerdings beschriebenen aus Flusswasser gezüchteten Vibrionen-Arten ist, die sich am leichtesten, schon morphologisch, von den Cholera- und choleraähnlichen Bacterien unterscheidet. Im gefärbten Präparat sieht man die äusserst schlanken, meist starkgekrümmten Vibrionen sehr häufig derart zu einander gelagert, dass sie concentrische Halbkreise bilden, eine Erscheinung, die ich bisher niemals in dieser Weise bei anderen Vibrionen beobachtet habe. Die Verflüchtigung der Gelatine ist anfangs äusserst langsam und mehr in die Tiefe als in die Breite gehend, ganz ähnlich wie bei Cholera asiatica. Vom dritten, vierten Tage an aber eilt der Danubicus-Stich dem Cholera-Stich meist weit voraus, und in kurzer Zeit ist dann meist ein kräftiges Breitenwachsthum entwickelt. Die Nitroso-Indolreaction in 1 % Peptonwasser ist schon ganz deutlich nach 5 Stunden Aufenthalt im Brütschrank.

1) Heider. Centralbl. f. Bact. u. Parasitenk., 1893, I.

Auf Agar tritt das Wachsthum, wie bei allen Vibrionen sehr schnell ein, wenn derselbe bei 37° C. gehalten wird, derart, dass schon nach 4—5 Stunden der Impfstich mit einem dünnen Bacterienrasen deutlich bedeckt ist. Sehr bemerkenswert ist bei der Agarcultur die ausserordentliche Zunahme noch in den zweiten 24 Stunden; am zweiten Tage überzieht meist eine dicke, sattweisse Bacterienmasse die ganze Oberfläche des Nährbodens. Die Virulenz des Vibrio Danubicus für Versuchsthiere ist eine ganz beträchtliche. Die Cultur, welche zur Impfung der Eier benützt wurde, hatte im Schwester-Agarröhrchen folgende Virulenz, Meerschweinchen intraperitoneal eingespritzt:

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	Erfolg
33	340 g	38,6	1/8 Danubicus Ag. C. 24 Std. alt	38,5	32,0	30,0	†	
34	290 „	38,7	1/16 do.	35,0	31,0	28,0	†	
35	380 „	38,0	1/30 do.	36,5	35,0	34,0	34,2	†
36	370 „	38,1	1/40 do.	37,0	36,0	35,5	34,0	lebt
37	330 „	38,3	1/50 do.	37,0	36,0	35,8	36,0	lebt

Von den mit dieser hochvirulenten Cultur geimpften 25 Eiern sind nach 19tägigem Aufenthalt im Brütschrank am 10. IV. 94 20 Eier brauchbar. Von diesen sind sieben ganz weissschalig, elf mit mehr oder weniger zahlreichen kleinen schwarzbraunen Flecken versehen, zwei sind ganz stark geschwärzt. Der übrige Befund bei diesen Eiern geht aus Tabelle II hervor. (Folgt Tabelle II auf S. 370 u. 371.)

Bei Betrachtung dieser Zusammenstellung fällt zunächst die grosse Zahl der verunreinigt gefundenen Eier in's Auge; nur bei 6 von 20 konnte eine Verunreinigung auf keine Weise nachgewiesen werden. Im Uebrigen wird diese Tabelle in jeder Weise zur Bestätigung dessen dienen können, was bei den Cholera-Eiern gesagt wurde. Die nicht verunreinigt gefundenen Eier zeigten im allgemeinen ein gut übereinstimmendes Verhalten unter sich und mit den mit Cholera geimpften Eiern. Bei allen

Tabelle II. Danubicus-Eier.

Nr.	Geruch	Farbe des Eiweiss	Farbe des Eigelb	Consistenz d. Eiweiss	Consistenz d. Eigelb	Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v. Eiweiss	Mikrosk. Präp. v. Eigelb	Culturen 1 Ag. R.	Culturen 2 Ag. R.	Culturen 1 Tr. Ag. R.	Culturen 2 Tr. Ag. R.	Culturen Gelatineplatten
1	schwach aromat. Spur H_2S	grauweiss	schwarzgrün	dünnflüssig	geballt	amphoter	reichlich	rein	rein	rein	rein	rein	rein	rein
2	„	„	„	„	„	„	sehr reichlich	„	„	„	„	„	„	„
3	aromat. deutlich nach H_2S	schmutzig-grau	„	sehr dünnflüssig	„	„	reichlich	sehr kleine Kurzstäbchen	„	„	unrein Kurzstäbchen	„	unrein Kurzstäbchen	unrein Kurzstäbchen
4	„	„	„	dünnflüssig	„	„	sehr reichlich	rein	„	„	rein	„	unrein Diplococcen	unrein Sarcinen, Diplococcen
5	schwach aromat. Spur H_2S	„	„	„	„	„	schwach	„	„	„	„	„	rein	rein
6	„	grauweiss	„	„	„	„	sehr reichlich	„	„	„	„	„	„	„
7	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
8	schwach brenzlich	hellgelb	goldgelb	ganz dünn	breiig seimig	sauer	keine Spur	kleine Stäbchen	wie Eiweis	„	unrein Stäbchen	unrein Stäbchen	unrein Stäbchen	unrein Stäbchen, Sarcinen, Hefen
9	schwach aromat. deutl. H_2S	grauweiss	schwarzgrün	dünnflüssig	geballt	amphoter	sehr reichlich	rein	rein	„	rein	rein	rein	rein
10	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	unrein. 20 Col. dicker grosser Stäbchen

Fortsetzung zu Tabelle II.

Nr.	Geruch	Farbe des Eiweiss	Farbe des Eigelb	Consistenz d. Eiweiss	Consistenz d. Eigelb	Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v. Eiweiss	Mikrosk. Präp. v. Eigelb	Culturen I. Ag. R.	Culturen 2 Ag. R.	Culturen 1. Tr. Ag. R.	Culturen 2. Tr. Ag. R.	Culturen Gelatine-platten
11	schwach aromat. deutl. H_2S	grauweiss	schwarz-grün	dünn-flüssig	geballt	amphoter	sehr reichlich	plumpe Kurz-stäbchen	wie Ei-weiss	unrein Kurz-stäbchen	unrein Kurz-stäb-chen	unrein schlan-ke Stäb-chen	unrein schlan-ke Stäb-chen	unrein. Col. aus langen Fäden bestehend
12	deutlich brenzlich	grünlich-gelb	honiggelb	"	theils dünn theils zähflüs.	"	kaum eine Spur	keinste Coccen, daneben massenhaft Vibrionen		rein	unrein Coc-cen	unrein Coccen u. Stäb-chen	unrein Coccen u. Stäb-chen	rein
13	"	grau-gelblich	schwarz-grün	"	geballt	"	reichlich	Stäbchen od. Diplo-coccen	rein	"	rein	rein	rein	"
14	"	grauweiss	goldgelb	"	"	"	keine Spur	neben Vibrionen massenhaft grosse und kleine Stäbchen		"	"	"	unrein Stäb-chen	"
15	schwach aromat. Spur H_2S	"	grün-schwarz	"	"	"	ganz schwach	rein	rein	"	unrein Stäbch. und Coccen	"	unrein Stäb-chen u. Coccen	unrein Coccen, Stäbchen
16	stark nach H_2S	"	"	"	"	"	sehr reichlich	"	"	"	unrein dünne Stäb-chen	"	unrein dünne Stäb-chen	unrein dünne Stäbchen
17	"	"	"	"	"	"	deutlich	"	"	unrein 4 Coccen-colonien	rein	"	rein	rein
18	brenzlich	"	"	"	"	schwach alkalisch	reichlich	"	"	rein	"	"	"	unrein stark verfl. Diplococc.
19	"	"	goldgelb	"	"	"	keine Spur	dicke Coccen	"	"	"	"	unrein dicke Coccen	unrein braune, wetzsteinf. Colonien
20	schwach brenzlich	"	schwarz-grün	"	"	amphoter	ganz schwach	rein	"	"	"	"	unrein grosse Stäbch.	rein

war das Eiweiss dünnflüssig und grauweiss, der Dotter grünlichschwarz, wenigstens aussen, während er im Innern auch bei diesen Eiern sich honiggelb darstellte; seine Consistenz war meist geballt, etwas fester als bei den Choleraeiern Die Reaction war immer deutlich amphoter, der Gehalt an H_2S fast immer sehr reichlich, schon durch den Geruch nachweisbar, welch' letzterer im übrigen völlig mit dem der Choleraeier übereinstimmte.

Auch der schon vor der Ei-Impfung hochvirulente Vibrio Danubicus war, als er von dem zweiten Agarröhrröhrchen des Eies Nr. 7 nach 24 stündigem Wachsthum bei 37° C. abgekratzt wurde, wesentlich wirksamer auf Meerschweinchen geworden.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperatur nach				Erfolg
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	
38	320 g	38,0	1/40 Danubicus Ag. C. 24 Std. alt	37,0	35,0	33,5	30,0	†
39	340 „	38,1	1/50 do.	37,6	36,2	34,0	34,5	†
40	300 „	37,9	1/60 do.	39,2	37,6	36,8	36,5	lebt

Die sechs nicht verunreinigt befundenen Danubicus-Eier wurden, da es bei ihnen gelungen war, Eiweiss und Eigelb gesondert aufzufangen, in zwei getrennte Portionen Alkohol gebracht und im übrigen genau in der oben bei den Choleraeiern angegebenen Weise weiter behandelt. Die so gewonnenen Extracte haben auf Meerschweinchen bei intraperitonealer Injection folgende Wirkung.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impftag
				2 St.	4 St	6 St.	8 St	19 St.		
41	330 g	38,0	1,0 ccm Extract Eigelb Danubicus	38,6	38,0	37,5	—	38,2	+ 5 g	1.
42	330 „	37,9	2,0 ccm wie 41	38,0	38,9	37,9	—	38,0	± 0 „	1.
43	330 „	37,8	3,0 ccm wie 41	38,0	37,8	37,0	—	37,7	— 10 „	1.
44	305 „	37,8	4,0 ccm wie 41	38,2	37,9	37,5	—	38,0	— 10 „	1.
45	305 „	37,7	5,0 ccm wie 41	38,7	38,0	37,6	—	37,8	— 5 „	1.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impftag
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.		
46	315 g	38,0	1,0 ccm Extract Eiweiss Danubicus	38,7	38,0	38,2	—	38,0	— 5 g	2.
47	310 „	37,9	2,0 ccm wie 46	38,5	37,9	38,1	—	37,9	— 5 „	1.
48	310 „	38,0	3,0 ccm wie 46	37,4	36,9	36,0	—	†		(Tuberkulose in Milz u. Lungen. Ausstriche aus Herzblut steril)
49	300 „	37,8	4,0 ccm wie 46	38,7	38,2	37,4	—	37,9	∓ 0 „	1.
50	335 „	38,0	5,0 ccm wie 46	36,5	37,0	37,9	—	38,1	— 25 „	2. († nach 11 Tagen. Im Blut nur Bact. coli commune)

Die Wirkung dieses wässerigen Auszuges aus dem Danubicus-Culturen-Niederschlag war also eine äusserst geringe. Eine Temperaturherabsetzung um wenige Zehntel Grade ist eigentlich Alles, was sich nachweisen lässt, ausgenommen das eine tuberculös inficirte Meerschweinchen. Auch lässt sich ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Extract aus dem Niederschlag des Eiweiss und aus dem des Eigelb nicht feststellen. Jedenfalls ist die Wirkung dieser Danubicus-Extracte eine wesentlich schwächere, als diejenige, die wir bei den ersten Einspritzungen der Cholera-Ei-Extracte beobachten konnten.

III. V. Berolinensis-Eier und -Ei-Extracte.

Die zur Impfung verwandte Cultur des Vibrio Berolinensis, der im hygienischen Institut zu Berlin durch Neisser[1]) aus Leitungswasser, dem Cholerabacterien zugesetzt waren, isolirt und von Neisser und Günther[2]) in dieser Zeitschrift beschrieben ist, stimmte in ihren biologischen Eigenschaften im wesentlichen

1) Neisser. Ueber einen Wasservibrio, der Nitrosoindolreaction liefert. Archiv f. Hygiene, Bd. XIX, S. 194.

2) Günther. Weitere Untersuch. über den Vibrio Berolinensis. Archiv f. Hygiene, Bd. XIX, S. 214.

überein mit den erfolgten Mittheilungen. Die Virulenz dieses Mikroorganismus für Meerschweinchen bei intraperitonealer Infection war zur Zeit der Impfung der 25 Eier folgende:

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperatur nach				Erfolg
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	
51	390 g	38,0	1/4 Berol. Ag. C. 24 St. alt	33,0	31,5	† nach 5 1/2 St.		†
52	320 „	38,1	1/8 do.	36,0	33,0	31,0	31,5	†
53	380 „	37,9	1/16 do.	36,5	34,5	33,0	34,0	†
54	390 „	37,8	1/30 do.	37,0	35,0	34,5	35,0	lebt
55	390 „	38,0	1/60 do.	37,5	36,0	36,5	36,2	lebt

Gegenüber der Choleracultur war also die Virulenz eine ziemlich beträchtliche. Von den mit Vibrio Berolinensis geimpften 25 Eiern waren 20 zur Untersuchung brauchbar, die Schale von der Impfstelle aus nicht weiter gerissen. Der Aufenthalt im Brütschrank betrug, wie in den bisherigen Fällen, 19 Tage. Von den 20 Eiern waren bei der Oeffnung 16 ganz weiss, ohne jeden Fleck, zwei ganz dick gebräunt, zwei mit einzelnen kleinen, braunen Flecken versehen. Der Befund bei diesen Eiern ist in Tabelle III zusammengestellt. (Folgt Tabelle III auf S. 375 u. 376.)

Die Veränderungen, welche die nicht verunreinigt befundenen Eier erlitten haben durch die Impfung, sind im wesentlichen völlig dieselben, wie bei den anderen Vibrionenarten. Es ist unnöthig, darauf noch einmal des näheren einzugehen. Im übrigen kann auch diese Tabelle in Bezug auf die Befunde bei der mikroskopischen und culturellen Untersuchung sehr wohl als Bestätigung der oben bei den Choleraeiern entwickelten Ansichten bezüglich der Beurtheilung von Ei-Reinculturen dienen.

Auch bei diesem Organismus wurde die Virulenz nach dem Aufenthalt im Ei an einer mit Ei-Inhalt geimpften 24stündigen Agarcultur (von Ei Nr. 11) festgestellt und eine Steigerung derselben gefunden. (Folgt die Tabelle auf S. 377 oben.)

Tabelle III. Berolinensis-Eier.

Nr.	Geruch	Farbe des		Consistenz d.		Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v.		Culturen				
		Eiweiss	Eigelb	Eiweiss	Eigelb			Eiweiss	Eigelb	1. Ag.R.	2. Ag.R.	1. Tr. Ag. R.	2. Tr. Ag. R.	Gelatineplatten
1	widerl. süsslich arom. schwach nach H_2S	graugelb	aussen schwarzgrün, innen honiggelb	dünnflüssig	breiig	amphoter	reichlich	dicke Stäbchen neben Komma's		unrein auf allen neben Berol.Col. massenhaft weisse u. farbige Col.; Tr. A. Gasblasen	unrein	unrein	unrein	unrein
2	„	„	honiggelb	„	zähflüssig	alkalisch	keine Spur	rein	rein	rein	rein	unrein; Wachsthum in d. Tiefe des Stichs sehr kräftig; Coccen		rein
3	„	„	„	„	„	„	spärlich	scheinbar durch Diplococcen verunreinigt		unrein gelbe Colonien auf beiden	unrein	rein	rein	„
4	stark süsslich	„	grüngelb	„	„	„	keine Spur	rein	rein	rein	rein	„	„	„
5	schwach brenzlich	„	aussen schwarzgrün, innen honiggelb	„	„	amphoter	deutlich	dicke lange Stäbchen	feine lange Stäbchen	„	„	„	„	„
6	„	„	goldgelb	„	ganz flüssig	„	keine Spur	rein	rein	„	„	„	„	unrein Hefecolonien in der Tiefe
7	süsslich aromatisch schwach nach H_2S	„	aussen schwarzgrün, innen honiggelb	„	breiig	„	reichlich	„	„	„	unrein Stäbchen	„	„	unrein dunkelbraune dicke Col.
8	süsslich aromat.	grünlich-grau	„	„	„	„	sehr reichlich	„	„	„	unrein Coccen	„	unrein Gasblasen	rein
9	„	graugelb	„	„	„	stark alkalisch	keine Spur	„	„	stark verunr. mit weissen u. gelben Colonien		unrein; Wachsthum in d. Tiefe sehr kräft.; Cocc.		„
10	„ schwach	grauweiss	grünlich	sehr dünn	„	schwach alkalisch	spärlich	„	„	rein	rein	rein	rein	„

Fortsetzung zu Tabelle III.

Nr.	Geruch	Farbe des		Consistenz d.		Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v.		Culturen				
		Eiweiss	Eigelb	Eiweiss	Eigelb			Eiweiss	Eigelb	1. Ag.R.	2. Ag.R.	1. Tr. Ag. R.	2. Tr. Ag. R.	Gelatineplatten
11	süsslich aromatisch schwach nach H_2S	gelbgrau	goldgelb	dünnflüssig	geballt	stark alkalisch	spärlich	rein	rein	rein	rein	rein	rein	rein
12	„	graugelb	„	„	ganz flüssig	amphoter	keine Spur	scheinbar kleine Kurzstäbchen		unrein grosse, weisse, lackartige Col.		unrein; Wachsthum in d. Tiefe sehr kräftig; Coccen		„
13	brenzlich	„	aussen schwarzgrün, innen honiggelb	„	geballt	schwach alkalisch	sehr spärlich	rein	rein	rein	rein	rein	rein	„
14	süsslich aromatisch schwach nach H_2S	„	honiggelb	„	dünnflüssig	„	deutlich	„	„	„	„	„	„	„
15	„	„	aussen schwarzgrün, innen honiggelb	„	geballt	„	reichlich	„	„	spärliche, kleine, grauweisse Col., lange, feine Bacillen		unrein; Wachsthum in d. Tiefe sehr kräftig; Stäbchen		„
16	deutlich nach H_2S	graugrün	„	„	dünnbreiig	„	sehr reichlich	„	„	wie bei Nr. 15; Stäbchen				„
17	süsslich aromatisch schwach nach H_2S	graugelb	honiggelb	„	flüssig	deutlich alkalisch	sehr spärlich	„	„	rein	rein	rein	rein	„
18	„	„	goldgelb	„	breiig	„	deutlich	„	„	„	„	„	„	unrein; in d. Tiefe lieg. dicke, weiss. Col.; Stäb.
19	„	gelbgrau	„	„	geballt	schwach alkalisch	„	„	„	„	„	„	„	rein
20	„	graugelb	„	„	„	stark alkalisch	keine Spur	„	„	„	„	„	„	„

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperatur nach				Erfolg
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	
56	410 g	38,7	1/20 Berol. Ag. C. 24 St. alt	38,0	37,6	34,5	32,0	†
57	380 „	37,9	1/30 do.	39,2	38,1	36,5	35,8	†
58	408 „	38,0	1/40 do.	37,0	38,4	37,2	36,7	lebt

Von 20 untersuchten Eiern zeigten nur acht bei den verschiedenen Untersuchungsmethoden keine Verunreinigung durch fremde Organismen. Diese acht Eier zeigten zum grössten Theil einen sehr spärlichen, bezw. gar keinen, zu einem kleinen Theil aber auch einen ganz deutlichen H_2S-Gehalt. Bei der weiteren Behandlung, die völlig in der oben beschriebenen Weise verlief, wurden Ei Nr. 14 und Nr. 17 nicht mit verarbeitet, da eine Trennung von Eiweiss und Dotter nicht völlig durchgeführt war. Die gewonnenen wässerigen Extracte zeigten eine ähnliche Wirkung auf Meerschweinchen, wie die bisher geprüften. Die Resultate sind aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich:

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impftag
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.		
59	490 g	38,5	1,0 ccm Extract Eigelb Berolinensis	38,7	37,9	36,9	37,5	39,0	— 30 g	1.
60	500 „	38,0	2,0 ccm wie 59	37,2	39,0	38,0	38,2	38,7	— 10 „	1.
61	480 „	38,5	3,0 ccm wie 59	39,4	38,9	38,4	37,9	38,5	— 30 „	2.
62	480 „	38,5	4,0 ccm wie 59	38,7	39,1	38,6	38,0	38,4	— 40 „	1.
63	480 „	38,4	5,0 ccm wie 59	39,0	38,3	37,0	37,5	38,0	— 45 „	2.
64	400 „	38,0	1,0 ccm Extract Eiweiss Berolinensis	38,7	38,0	37,9	37,5	38,3	± 0 „	1.
65	410 „	38,1	2,0 ccm wie 64	36,5	36,2	36,0	35,8	37,4	— 40 „	2. († nach 16 Tagen an Streptococcen-Infection)
66	470 „	38,0	3,0 ccm wie 64	37,1	37,0	37,8	37,1	37,8	— 20 „	1.
67	410 „	38,0	4,0 ccm wie 64	38,8	38,5	38,2	37,6	38,0	— 25 „	1.
68	440 „	38,2	5,0 ccm wie 64	37,1	37,0	37,7	38,2	38,4	± 0 „	1.

Auch diese Thiere zeigten äusserst geringe Krankheitserscheinungen nach der Impfung, die nicht von den oben schon beschriebenen abwichen. Immerhin ist hier die Temperaturherabsetzung etwas ausgesprochener als bei den Extracten des Vibrio Danubicus. Aber auch hier ist eine wesentliche Differenz zwischen Extract aus Eiweiss und dem aus Eigelb nicht zu entdecken. Sehr auffallend ist der äusserst geringe Unterschied in dem Gang der Temperaturcurve bei den niedrigen und den höheren Dosen. Ich kann mir denselben nur so erklären, dass neben der höheren Giftmenge auch eine entsprechend höhere Menge »schützenden oder immunisirenden« Stoffes mit eingespritzt wird, die nur die von ihr nicht paralysirte Menge des Giftes — in beiden Fällen annähernd dasselbe Quantum — zur Wirkung kommen lässt. Aber die Wirkungen überhaupt sind so wenig ausgesprochen, und die Temperaturerniedrigung tritt zu so verschiedenen Zeiten ein, dass es besser ist, keine weitgehenden Schlüsse aus diesen Ergebnissen zu ziehen. Das einzige Thier, das eine etwas stärkere Herabsetzung seiner Eigenwärme aufwies, hatte wahrscheinlich schon zur Zeit der Impfung die nach 16 Tagen bei der Section gefundenen Streptococcen im Körper und war deshalb weniger widerstandsfähig. Wissen wir doch, dass Meerschweinchen Wochen lang diese Mikroorganismen in sich beherbergen können, ohne wesentliche Krankheitserscheinungen darzubieten.

IV. Vibrio Dunbar-Eier und -Ei-Extracte.

Dieser Organismus ist von Dunbar[1]), wie bekannt, im Elbwasser zur Zeit der Hamburger Nachepidemie Anfang 1893 gefunden worden, zeigt alle typischen Merkmale der Choleraculturen auf den Nährböden, im Thierversuch und mikroskopisch und wurde von Dunbar nur deshalb nicht als Choleravibrio angesprochen, weil er im Dunkeln leuchtet. Die letztere Eigenschaft haben wir an der uns gütigst durch Herrn Professor Dunbar übermittelten Cultur nicht feststellen können. Dagegen

1) Dunbar. Arbeiten des Kais. Gesundheitsamtes, Bd XV.

schien es mir in einigen Fällen, als könnte der Organismus dadurch eine kleine Unterscheidung vom Cholerabacillus aufweisen, dass er auf Kartoffeln jeder Art sehr gut, auch bei Zimmertemperatur, gedeiht, wobei er eine stark röthliche Auflagerung, die viel stärker als bei Rotzbacillen gefärbt ist, zu bilden pflegt. Genauer ist der Gegenstand indessen von mir nicht verfolgt worden.

Die Virulenz dieses Bacteriums, Meerschweinchen intraperitoneal eingespritzt, war eine ziemlich bedeutende.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperatur nach				Erfolg
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	
69	290 g	38,0	1/8 Dunbar Ag.C. 24 St. alt	33,0	31,5	27,0	†	
70	290 „	38,0	1/16 do.	35,0	34,0	31,5	31,0	†
71	280 „	37,8	1/20 do.	37,0	36,5	35,5	36,0	lebt
72	290 „	37,7	1/30 do.	37,5	38,2	37,0	36,0	lebt

Auch mit diesem Vibrio sind 25 Eier geimpft worden, von denen fünf nach 19tägigem Aufenthalt im Brütschrank durch ausgedehnte, von der Impfstelle ausgehende Risse unbrauchbar waren. Zwei gehen bei der Oeffnung durch Ungeschicklichkeit verloren, so dass nur 18 zur Untersuchung blieben. Die Schale war bei 14 Eiern ganz weiss, bei zweien mit einzelnen braunen Flecken versehen, bei zweien fast ganz braun verfärbt. Die umstehende Zusammenstellung berichtet von dem übrigen Verhalten. (Folgt Tabelle IV auf S. 380 u. 381.)

In Bezug auf die durch den Vibrio Dunbar in den Eiern hervorgerufenen Veränderungen kann ich mich ebenfalls kurz fassen. Dieselben sind genau dieselben, wie bei den Bacterien der Cholera asiatica und den anderen geprüften Vibrionenarten, vielleicht mit dem Unterschiede einer reichlicheren H_2S-Erzeugung, wenigstens im allgemeinen. Auffallend ist auch die häufig gefundene saure Reaction des Nährmaterials. Von den untersuchten Eiern waren neun, gerade die Hälfte, nicht nachweisbar verunreinigt; von diesen wurde noch Nr. 14 nicht verwendet zur Erzeugung des Niederschlags etc., da bei ihm infolge der flüssigen

Tabelle IV. **Dunbar-Eier.**

Nr.	Geruch	Farbe des Eiweiss	Farbe des Eigelb	Consistenz d. Eiweiss	Consistenz d. Eigelb	Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v. Eiweiss	Mikrosk. Präp. v. Eigelb	Culturen 1. Ag. R.	Culturen 2. Ag. R.	Culturen 1. Tr. Ag. R.	Culturen 2. Tr. Ag. R.	Culturen Gelatineplatten
1	schwach brenzlich	graugrün	dunkelgrün	dünnflüssig	geballt	amphoter	reichlich	beide unrein grosse, starkgefärbte und kleine Stäbchen		rein	rein	rein	rein	unrein dicke Stäbchen
2	„	„	„	„	„	„	„	rein	rein	„	„	„	„	rein
3	nach H_2S deutlich	schmutz.-graugrün	„	„	„	„	sehr reichlich	lange, durch ganze Gesichtsfelder ziehende Fäden		unrein höckerig. Colonien		„	unrein Gasblasen unten	unr. gelbe tuberkel-bac. ähnl. Col.
4	schwach brenzlich	graugrün	„	„	„	„	„	rein	rein	beide verunr. lackartig weisse Colonien		„	rein	unrein Coccen
5	deutlich nach H_2S	schmutz.-graugrün	„	„	„	„	„	unrein kräftige, dicke Stäbchen		beide verunr. Stäbchen		beide unrein grosse Gasblasen		unrein Stäbchen
6	schwach süsslich	graugrün	„	„	„	sauer	„	beide unrein kleine Stäbchen in d. Mitte ungef.		rein	unrein Diplo-Cocc.	rein	rein	rein
7	süsslich aromatisch	graugelb	honiggelb	„	breiig	amphoter	sehr spärlich	rein	rein	„	unrein kleine Stäb.	„	unrein Gasblasen	„
8	„	graugrün	dunkelgrün	„	„	sauer	sehr reichlich	„	„	„	rein	„	rein	„
9	widerlich süsslich aromat.	schmutz.-graugrün	„	„	geballt	„	„	„	„	„	„	„	unrein Gasblasen	unrein Coccen

Fortsetzung zu Tabelle IV.

Nr.	Geruch	Farbe des		Consistenz d.		Reaction	H_2S	Mikrosk. Präp. v.		Culturen				
		Eiweiss	Eigelb	Eiweiss	Eigelb			Eiweiss	Eigelb	1. Ag. R.	2. Ag. R.	1. Tr. Ag. R.	2. Tr. Ag. R.	Gelatine-platten
10	süsslich aromatisch	schmutz.-graugrün	dunkel-grün	dünn-flüssig	geballt	amphoter	sehr reichlich	beide verunrein. grosse Stäbchen, ohne jede Krümmung		beide verunr. Stäbchen		beide verunr. grosse Gasblasen		unrein Stäbchen
11	„	gelbgrau	„	„	„	sauer	„	rein	rein	rein	rein	rein	rein	rein
12	„	„	„	„	„	amphoter	„	beide verunrein. gross. dick. Kapseldiplococcen		beide verunr. Kapselcoccen		beide verunr. stark. Wachsthum in der Tiefe		„
13	„	„	honiggelb	„	„	sauer	„	rein	rein	rein	rein	rein	rein	„
14	widerlich süsslich	schmutz.-grau	dunkel-grün	„	breiig	amphoter	„	„	„	„	„	„	„	„
15	schwach süsslich aromat.	gelblich	honiggelb	„	geballt	„	„	„	„	„	„	„	„	„
16	„	braungelb	„	„	„	sauer	keine Spur	„	„	„	„	„	„	„
17	„	graugrün	dunkel-grün	„	„	amphoter	sehr reichlich	„	„	„	„	„	„	„
18	„	„	„	„	„	„	reichlich	„	„	„	„	„	„	„

Beschaffenheit des Dotters eine Trennung desselben vom Eiweiss nicht gelungen war.

Die Prüfung der Virulenz des Vibrio Dunbar zu dieser Zeit, zu der das erste Agarröhrchen von Ei Nr. 8 verwendet wurde, fiel folgendermaassen aus:

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	Erfolg
73	320 g	38,0	1/20 Dunbar Ag.C. 24 St. alt	35,5	35,0	33,5	—	†
74	300 „	38,0	1/30 do.	37,6	37,9	36,5	36,8	† nach 2 Tagen
75	340 „	38,2	1/40 do.	38,5	38,9	37,8	37,5	lebt

Mit den aus acht Eiern durch Alkoholfällung und die weitere oben angegebene Behandlung erhaltenen wässerigen Extracten der Niederschläge wurden bedeutend kräftigere Wirkungen bei Meerschweinchen erzielt, als in allen bisherigen Fällen.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impfung
76	300 g	37,8	1,0 ccm Extract Eigelb Vibrio Dunbar	38,4	38,6	37,8	37,0	38,0	— 40 g	1.
77	300 „	37,9	2,0 ccm wie 76	39,5	40,0	38,0	37,1	38,4	— 32 „	1.
78	310 „	37,9	3,0 ccm wie 76	37,9	37,6	36,0	35,9	37,5	— 30 „	2.
79	295 „	37,8	4,0 ccm wie 76	38,5	38,1	37,7	36,5	38,3	— 45 „	1.
80	300 „	37,8	5,0 ccm wie 76	37,8	37,0	35,9	35,5	36,5	— 35 „	2.
81	310 „	37,9	1,0 ccm Extract Eiweiss Vibrio Dunbar	38,6	37,3	37,0	36,8	38,2	— 35 „	1.
82	325 „	38,1	2,0 ccm wie 81	38,3	38,8	37,4	36,8	37,9	— 30 „	1.
83	340 „	38,1	3,0 ccm wie 81	37,4	37,2	36,5	36,2	38,4	— 30 „	1.
84	320 „	38,0	4,0 ccm wie 81	37,8	36,0	35,2	† nach 7 Std.	(Organe normal, Ausstriche auf Agar aus Herzblut und Bauchhöhlen-Flüssigkeit steril)		
85	360 „	38,1	5,0 ccm wie 81	39,0	37,6	36,5	36,0	38,6	— 25 „	1. († nach 11 Tagen, ohne Anfangsgewicht erreicht zu haben)

Abgesehen von der weit ausgiebigeren Temperaturherabsetzung bei allen Thieren, sehen wir also hier eine mit der Dosis steigende Wirkung und in zwei Fällen den Tod der geimpften Thiere eintreten. Da in beiden Fällen alle Organe normal gefunden wurden, und die culturelle Untersuchung der Körpersäfte ein negatives Resultat hatte, so ist wohl kein Zweifel, dass der Tod die Folge des eingespritzten Extractes gewesen ist. Hier ist also deutlich eine kräftige Giftwirkung vorhanden, die indessen eine für Cholerabacterien völlig typische ist, ebenso wie es die Krankheitserscheinungen nach der Impfung waren. Eine wesentliche Differenz zwischen der Wirkung des Eiweiss- und Eigelbextractes möchte ich aus dem Umstand, dass bei letzterem alle Thiere am Leben geblieben sind, nicht construiren.

V. Ungeimpfte Eier und deren Extracte.

Es bleibt mir übrig, die Ergebnisse der Untersuchung von 20 ungeimpften Eiern, die zur Controle dienten, mitzuteilen. Dieselben wurden in genau gleicher Weise wie die geimpften behandelt, nach Hueppe's Methode mit Sublimat, Alkohol und Aether gereinigt, 19 Tage in sterilisirter Doppelschale im Brütschrank gehalten, dann mit allen Vorsichtsmaassregeln geöffnet, und mikroskopisch und culturell genau in der oben geschilderten Weise geprüft. Der Kürze halber sei nur angegeben, dass die Schale der Eier in drei Fällen deutlich gebräunt war, obgleich sich in keinem Falle mit Bleiacetatpapier H_2S nachweisen liess; dass von 19 Eiern — eins ging durch Versehen verloren — stark verunreinigt waren auf allen Nährböden und mikroskopisch zwei; wenig verunreinigt (ein Agarröhrchen dreimal, Gelatineplatte einmal) vier; dass der Eiinhalt völlig dem frischer Eier glich, auch in den stark verunreinigten Eiern. Die Extracte wurden aus den dreizehn nicht nachweisbar verunreinigten Eiern in ganz dergleichen Weise hergestellt, wie bei den mit Vibrionenculturen geimpften. Dieselben wurden auch in derselben Weise an Meerschweinchen geprüft. Eine Trennung von Eiweiss und Eigelb war natürlich undurchführbar.

Nr.	Gewicht	Temp. vorher	Menge des injicirten Extractes in ccm	Temperatur nach					Gewichtsveränderung	Tag d. Mindestgewichts nach Impfung
				2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.		
86	300 g	38,2	1,0 ccm Extract ungeimpft. Eier	38,1	38,0	38,0	37,8	37,9	± 0 g	1.
87	310 „	38,0	2,0 ccm wie 86	38,0	37,9	38,1	38,0	37,9	— 10 „	1.
88	300 „	38,2	3,0 ccm wie 86	38,2	38,4	38,3	38,5	38,0	± 0 „	1.
89	310 „	38,0	4,0 ccm wie 86	38,4	38,0	38,0	37,9	38,1	+ 12 „	1.
90	310 „	38,0	5,0 ccm wie 86	37,8	38,0	38,0	38,2	38,0	— 10 „	1.

Die Thiere lagen, wie alle intraperitoneal geimpften Meerschweinchen, einige Zeit nach der Impfung ruhig mit auseinandergespreizten hinteren Extremitäten auf dem Bauch, waren aber schon nach einer Viertelstunde wieder ganz munter und blieben es auch, ohne irgend welche Krankheitserscheinungen zu zeigen, wie ja auch aus der letzten Tabelle hervorgeht. Dass einige von den Thieren eine geringe, schnell vorübergehende Gewichtsabnahme zeigen, ist wohl nicht zu verwundern.

Mit diesen Versuchen war der erste Theil der mir aufgetragenen Arbeit abgeschlossen. Es hatte sich gezeigt, dass von den zur Untersuchung gezogenen Vibrionenarten der Eiinhalt in ziemlich übereinstimmender Weise verändert wurde, und dass sich auch in den aus dem Alkoholniederschlag solcher Eier gewonnenen wässerigen Extracten wesentlich die gleichen, wenn auch quantitativ recht verschiedenen Giftstoffe nachweisen lassen. Am schwächsten war die Wirkung dieser Gifte wunderbarer Weise bei dem Vibrio Danubicus, dem virulentesten unter diesen Vibrionen, am stärksten bei dem von Dunbar aus der Elbe gezüchteten choleraähnlichen Bacterium. Als Nebenergebnisse hatten sich bei der Untersuchung der Eier einige bemerkenswerthe Thatsachen ergeben, vor Allem die Schwierigkeit, eine Eicultur als Reincultur anzusprechen, der wechselnde Gehalt der grossen Mehrzahl der nicht nachweisbar

verunreinigten Eier an Schwefelwasserstoff und ein verhältnismässig sehr hoher Prozentsatz von verunreinigten Eiern. In Bezug auf diesen Thatbestand sei mir noch eine Bemerkung gestattet. Hammerl, der sich in seiner letzten einschlägigen Arbeit[1]) über das gleiche Ergebnis in Betreff dieses letzten Punktes bei den Pfeiffer'schen Beobachtungen wundert, ist der Ansicht, dass die Verunreinigung der Eier in den meisten Fällen bei dem Impfact geschieht. Ich glaube indessen, dass in Berlin ein grosser Theil der verunreinigt gefundenen Eier schon inficirt ist vor der Oeffnung, und dass sich so der Unterschied in dem Procentsatz verunreinigter Eier zwischen Berlin und Orten, wo ohne Schwierigkeiten frische Eier zu haben sind, leicht genug als ein durch äussere Umstände bedingter aufklärt. Bei den oben mitgetheilten Untersuchungen sind von im Ganzen 79 geimpften Eiern 43 = 54,5 % verunreinigt gefunden worden; von 19 ungeimpften Eiern 6 = 31,5 %. Ich möchte aber noch einmal hervorheben, dass in Folge der sorgfältigen Untersuchung und der Ausscheidung der Eier bei dem geringsten Zweifel an ihrer Reinheit eine nicht unbeträchtliche Erhöhung des Prozentsatzes an Verunreinigungen entstehen müsste.

Der zweite Theil der mir gestellten Aufgabe bestand darin, zu untersuchen, ob die nach Einspritzung der Eierextracte am Leben gebliebenen Thiere eine tödtliche intraperitoneale Choleraimpfung überstehen würden. Wenn mit dieser Untersuchung, den positiven Ausfall derselben vorausgesetzt, etwas gegen die specifische Bedeutung der intraperitonealen Cholerainfection der Meerschweinchen bewiesen werden sollte, musste nach den damals gerade von R. Pfeiffer[2]) veröffentlichten Untersuchungsergebnissen und den an dieselben geknüpften Forderungen ein Zeitraum von wenigstens 14 Tagen zwischen den beiden Impfungen

1) Hammerl. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XVIII, 1. Heft.

1) R. Pfeiffer. Ueber die spec. Bedentung der Choleraimmunität. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. XVII.

liegen. Dieser Umstand, das Gebundensein an eine bestimmte Zeit der Nachimpfung, und der Uebelstand, dass zu dieser Zeit die Cholera Wittenberge, die jüngste Cultur, die mir zur Verfügung stand, ausserordentlich geringe und dazu noch rasch abnehmende Virulenz, wie überhaupt beträchtliche Schwankungen der letzteren zeigte, sind die Ursachen geworden für eine Reihe von Misserfolgen derart, dass sehr häufig die extractgeimpften Thiere mit Choleradosen geimpft wurden, an denen auch die Controlthiere nicht eingingen. Es müssen daher von den oben aufgeführten Thieren eine ganze Anzahl ausscheiden. Später wurde dann stets ein Mehrfaches der am Tage vorher bestimmten Minimaldosis injicirt und so befriedigende Resultate erhalten, wenn auch die Zahl der eingegangenen Thiere dadurch eine grössere geworden ist. In der nun folgenden Tabelle sind die Ergebnisse dieser Untersuchung übersichtlich zusammengestellt. Die Nummern der Thiere sind dieselben, wie diejenigen, unter denen die Thiere bei der ersten Impfung verzeichnet sind, so dass eine Vergleichung sehr wohl stattfinden kann. (Folgt Tabelle auf S. 387, 388 u. 389.)

Die Besprechung der in diesen Versuchen erhaltenen Resultate möchte ich mit den bei den ungeimpften Eiern erhaltenen beginnen. Die fünf zur Verfügung stehenden Thiere wurden zu verschiedenen Zeiten nach der Impfung, und zwar eines am 9., zwei am 15. und zwei am 20. Tage nachher mit der einfachen tödtlichen Minimaldosis geimpft. Das am 9. Tage geimpfte starb schon nach $5^1/_2$ Stunden, die übrigen wurden 19 Stunden nach der Impfung in derselben Weise wie die Controlthiere todt aufgefunden. Es hat sich also bei den mit dem Extract ungeimpfter Eier injicirten Thieren ein Impfschutz zu keiner der geprüften Zeiten nachweisen lassen.

Die Thiere dagegen, welche mit Extracten aus geimpften Eiern behandelt waren, wurden mit verschiedenen Multiplis der

1) Untersuchungen über intraperitoneale Cholerainfection und Choleraimmunität. Archiv f. Hygiene, Bd. XXI, 4. Heft.

Nr.	Injicirt mit Extract in ccm	am	niedrigste damals beobacht. Temperat.	Gewichtsverlust damals	Datum der Chol.-Impf.	Gewicht vorher	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperaturen nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	Erfolg	Gewichtsverlust der überlebenden
13	1,0 ccm Choleraeier	14. IV.	38,0	± 0,	1. V.	568 g	38,5	1/3 Ch. Ag. C. 24 St alt	34,8	33,0	†				
14	2,0 ,, ,,	,,	38,0	± 0,	,,	510 g	38,4	,,	35,0	35,5	35,5	33,0	†		
15	3,0 ,, ,,	,,	37,4	— 16 g	,,	530 g	38,3	,,	35,4	34,0	†				
16	4,0 ,, ,,	,,	36,9	— 15 g	,,	564 g	38,3	,,	37,8	35,0	33,0	34,0	37,6	lebt	— 4 g 1.
17	5,0 ,, ,,	,,	36,4	— 14 g	,,	530 g	38,1	,,	37,0	34,0	34,0	34,5	36,5	,,	— 40g 2.
18	5,0 ccm conc. Cholera-Ei Extract	,,	36,0	— 25 g	,,	485 g	38,4	,,	38,0	39,0	37,8	36,5	38,0	,,	— 5 g 1.
19	4,0 ,,	,,	37,7	— 28 g	,,	560 g	38,1	,,	37,0	36,5	35,4	35,0	37,0	,,	† 0, 1.
20	3,0 ,,	,,	37,0	— 20 g	,,	564 g	38,4	,,	36,0	35,5	34,5	34,0	36,0	,,	— 34g 1.
21	2,0 ,,	,,	38,2	— 14 g	,,	545 g	38,1	,,	38,0	37,5	36,4	35,5	37,9	,,	— 5 g 1.
22	1,0 ,,	,,	37,4	— 25 g	,,	540 g	38,3	,,	39,0	37,0	35,5	34,5	†		
			Controlthiere:	1.	,,	494 g	38,2	,,	36,0	35,8	34,0	34,0	†		
				2.	,,	640 g	38,4	1/4 ,,	36,5	35,5	35,0	34,5	†		
				3.	,,	700 g	38,5	1/6 ,,	38,5	36,5	35,0	35,2	36,5	(† n. 48 St. a. Chol.)	
				4.	,,	700 g	38,6	1/8 ,,	38,0	38,0	36,5	36,0	38,5	lebt	— 40g 1.
41	1,0 ccm Eigelb Dannbic.	17. IV.	37,5	+ 5 g	2. V.	418 g	38,2	1/2 Chol. Ag. C. 24 Std alt	34,2	33,0	30,0	—	†		
42	2,0 ,,	,,	37,9	± 0,	,,	408 g	38,1	,,	34,5	34,2	33,5	34,5	36,0	lebt	— 40g 2.
43	3,0 ,,	,,	37,0	— 10 g	,,	400 g	38,2	,,	35,4	35,0	35,5	35,8	37,5	,,	— 45g 2.
44	4,0 ,,	,,	37,5	— 10 g	,,	368 g	38,1	,,	34,0	32,0	30,0	29,0	†		
45	5,0 ,,	,,	37,6	— 5 g	,,	360 g	38,2	,,	33,0	32,0	30,0	28,5	†		
46	1,0 ccm Eiweiss Danubic.	,,	38,0	— 5 g	,,	360 g	38,1	,,	35,0	32,5	31,2	26,0	†		
47	2,0 ,,	,,	37,9	— 5 g	,,	370 g	38,0	,,	35,4	34,0	32,0	30,5	†		
49	4,0 ,,	,,	37,4	± 0,	,,	370 g	38,2	,,	35,8	34,5	31,5	34,0	34,0	† n. 48 St.	— 80g 2.

Nr.	Injicirt mit Extract in ccm	am	niedrigste damals beobacht. Temperat.	Gewichtsverlust damals	Datum der Chol.-Impf.	Gewicht vorher	Temp. vorher	Menge des Impfstoffs	Temperaturen nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	Erfolg	Gewichtsverlust der überlebenden
		Controlthiere:		1.	2. V.	430 g	38,0	1/2 Chol. Ag. C. 24 Std. alt	31,5	30,0	26,0 †1/2 St. spät.				
				2.	„	420 g	38,0	1/4 „	32,0	31,0	30,0	—	†		
				3.	„	420 g	38,4	1/8 „	38,5	36,0	34,5	34,0	†		
				4.	„	400 g	38,1	1/16 „	38,7	39,6	37,2	36,4	37,8	lebt	
59	1,0 ccm Eigelb Berol.	18. IV.	36,9	— 30 g	21. V.	590 g	38,0	1/2 „	36,0	34,0	32,0	†			
60	2,0 „	„	37,2	— 10 g	„	620 g	38,1	„ „	38,4	38,0	37,2	36,5	36,5	lebt	— 90g 1.
61	3,0 „	„	37,9	— 30 g	„	595 g	38,5	„ „	38,7	37,0	36,5	35,8	36,9	„	— 45g 1.
62	4,0 „	„	38,0	— 40 g	„	570 g	38,0	„ „	37,2	36,4	35,0	34,5	32,0	† n. 40 St.	— 25g 1.
63	5,0 „	„	37,0	— 45 g	„	510 g	38,1	„ „	38,0	36,5	34,0	35,0	32,0	† n. 72 St	— 110 g 3.
64	1,0 ccm Eiweiss Berol.	„	37,5	± 0,	„	550 g	38,1	„ „	37,8	36,2	34,0	31,0	†		
66	3,0 ccm Eiweiss Berolin.	18. IV.	37,0	— 20 g	21. V.	585 g	38,0	1/2 Chol. Ag. C. 24 Std. alt	37,8	38,5	37,6	36,8	35,0	lebt	— 65g 2.
67	4,0 „	„	37,6	— 25 g	„	510 g	38,6	1/2 „	38,0	38,0	36,0	33,0	†		
68	5,0 „	„	37,0	± 0,	„	570 g	38,0	1/2 „	37,0	36,0	33,0	29,0	†		
		Controlthiere:		1.	„	600 g	38,0	1/2 „	36,0	34,5	32,0	—	†		
				2.	„	610 g	38,5	1/4 „	36,2	34,0	31,0	—	†		
				3.	„	635 g	38,2	1/8 „	35,0	34,0	33,5	—	†		
				4.	„	600 g	38,4	1/10 „	37,6	38,7	37,0	35,0	35,8	† n. 72 St.	— 120 g 3.
76	1,0 ccm Eigelb V.-Dunbar	28. IV.	37,0	— 40 g	29. V.	484 g	38,2	1/2 Chol. Ag. C. 24 Std. alt	38,1	37,9	36,0	—	38,0	lebt	— 14g 1.
77	2,0 „	„	37,1	— 82 g	„	410 g	38,0	„ „	38,0	36,0	35,0	—	†		
78	3,0 „	„	35,9	— 30 g	„	440 g	38,2	„ „	38,0	37,5	36,0	—	37,9	„	— 10g 1.

Nr.	Injicirt mit Extract in ccm	am	niedrigste damals beobacht. Temperat.	Gewichts-verlust damals	Datum der Chol.-Impf.	Gewicht vorher	Temp. vorher	Menge des Impfstoffes	Temperaturen nach 2 St.	4 St.	6 St.	8 St.	19 St.	Erfolg	Gewichts-verlust der überlebenden
79	4,0 ccm Eiweiss V. Dunbar	28.IV.	36,5	— 45 g	29. V.	420 g	38,2	1/2 Chol. Ag. C. 24 Std. alt	37,0	35,5 † n. 5 Std.					
80	5,0 „	„	35,5	— 35 g	„	440 g	38,1	„ „	38,0	35,8	35,0	—	†		
81	1,0 „	„	36,8	— 35 g	„	442 g	38,1	„ „	37,8	36,8	35,5	—	37,0	lebt	— 12g 1.
82	2,0 „	„	36,8	— 30 g	„	425 g	38,2	„ „	38,4	37,0	36,2	—	37,5	„	— 25g 2.
83	3,0 „	„	36,2	— 30 g	„	460 g	38,0	„ „	38,0	37,5	36,2	—	36,0	† n. 50 St.	— 10g 1.
	Controlthiere: 1.				„	420 g	38,2	„ „	37,0	35,8	34,0	—	†		
	2.				„	470 g	38,1	1/4 „	37,0	36,4	35,5	—	†		
	3.				„	450 g	38,0	1/8 „	38,0	36,5	36,0	—	37,0	lebt	— 45g 1.
	4.				„	395 g	38,0	1/16 „	39,0	38,4	35,5	—	†		
86	1,0 ccm ungeimpft. Eier	21. V.	37,8	± 0,	5. VI.	356 g	38,0	1/4 „	38,1	37,4	36,9	35,0	†		
87	2,0 „	„	37,9	— 10 g	10. VI.	418 g	38,2	1/4 „	37,0	37,0	36,5	35,8	†		
88	3,0 „	„	38,0	± 0,	30. V.	335 g	38,0	1/4 „	36,8	36,0	†				
89	4,0 „	„	37,9	± 12 g	10. VI	430 g	38,1	1/4 „	38,3	38,0	37,0	35,5	†		
90	5,0 „	„	37,8	— 10 g	5. VI.	345 g	38,0	1/4 „	38,0	37,2	36,8	34,5	†		
	Controlthiere zum 30. V.: 1.				30. V.	390 g	38,2	1/2 „	36,8	36,0	32,0	—	†		
	2.				„	400 g	38,1	1/4 „	39,0	37,1	35,5	—	†		
	3.				„	360 g	38,0	1/8 „	37,8	37,0	35,9	—	37,5	lebt	— 20g 1.
	Controlthiere zum 5. VI.: 1.				5. VI.	520 g	38,0	1/2 „	38,0	36,4	35,0	—	†		
	2.				„	490 g	38,3	1/4 „	36,0	37,0	36,0	—	†		
	3.				„	504 g	38,3	1/8 „	38,5	37,0	36,5	—	37,8	„	— 50g 2.
	Controlthiere zum 20. VI.: 1.				10. VI.	480 g	38,0	1/2 „	38,2	37,0	35,5	—	†		
	2.				„	450 g	38,1	1/4 „	37,2	36,8	34,5	—	†		
	3.				„	420 g	38,0	1/8 „	38,3	39,0	37,0	—	37,6	„	— 60g 2.

für Controlthiere tödtlichen Dosis vergiftet; die mit Choleraextract geimpften mit dem doppelten, die mit dem Eiextract des Vibrio Danubicus vorbehandelten leider mit dem Vierfachen, die »Berolinensis«-Thiere sogar mit dem Fünffachen, die »Dunbar«-Meerschweinchen mindestens mit dem Doppelten der an gleichalterigen, Controlthieren erhärteten Minimaldosis. Trotz dieser zum Theil sehr grossen Dosen blieben von allen Gruppen einige Thiere am Leben: von der »Cholera«-Gruppe von zehn Thieren sechs bei einer Vornahme der Nachimpfung am 17. Tage; von der »Danubicus«-Gruppe von acht Thieren zwei bei Vornahme der Nachimpfung am 15. Tage; von der »Berolinensis«-Gruppe von neun Thieren drei, bei einem Zwischenraume von 33 Tagen zwischen beiden Impfungen; und endlich von der »Dunbar«-Gruppe von acht Thieren vier bei einem Intervall von 36 Tagen. Bei der Choleragruppe sind es die mit grossen Dosen behandelten Thiere, welche am Leben bleiben, bei den übrigen drei Vibrionenarten wunderbarerweise gerade umgekehrt die mit mittleren und kleinen Giftmengen vorbehandelten. Einen einleuchtenden Grund für dies auffallende Verhalten vermag ich nicht anzugeben.

Bei einem grösseren Thiermaterial hätte man vielleicht zunächst bei einigen Thieren den günstigsten Zeitpunkt für die Nachimpfung feststellen und dann den Rest zu diesem Termin der Choleraimpfung unterziehen können, und man würde dann vielleicht eine grössere Zahl positiver Resultate zu verzeichnen gehabt haben. Immerhin genügt das erhaltene Ergebnis zur Feststellung der Thatsache, dass es gelingt, mit Eiextracten einiger von den Cholerabacterien zum Theil deutlich differenter Vibrionen eine verhältnismässig lange dauernde und sehr ausgesprochene Immunität gegen die intraperitoneale Impfung mit lebendem Choleramaterial zu erzielen. Damit wäre die Identität der in den Eiern von den verschiedenen Vibrionen gebildeten Giftstoffe nach dem Stande unserer heutigen Kenntnisse höchst wahrscheinlich gemacht.

Dies Ergebnis steht im Einklang mit den von mir in dieser Zeitschrift kürzlich mitgetheilten Versuchen, die specifische Bedeutung der auf intraperitonealem Wege bei Thieren erzeugten sogenannten Choleraimmunität betreffend, und kann als ein weiterer Beleg für die Anschauung dienen, dass der intraperitonealen Cholerainfection und Choleraimmunität eine specifische Bedeutung nicht zukommt.

Zum Schlusse fühle ich mich verpflichtet, dem Director des hygienischen Instituts der Universität Berlin, Herrn Professor Rubner, meinem hochverehrten Chef, meinen herzlichsten Dank für sein Interesse und seine Unterstützung bei Ausführung dieser Arbeit auch an dieser Stelle auszudrücken.

Zur Frage der Stellung des Caseïns bei der Milchsäuregährung.

Von

Prof. Dr. Gustav Kabrhel.

Unter dem Titel »Ueber die Beziehungen der Phosphate und des Caseïns zur Milchsäuregährung« ist im Archiv für Hygiene Bd. 18 S. 1 eine Abhandlung von Dr. Timpe erschienen, in welcher der Autor zwar meine Behauptung[1]), nach welcher die in der Milch sich bildende Milchsäure mit dem Caseïn der Milch eine chemische Verbindung eingeht, wodurch ihre den weiteren, von den Mikroorganismen abhängigen Gährungsvorgang hemmende Einwirkung beseitigt wird, anerkennt, aber als nicht experimentell fundirt darstellt.[2])

Dieser Behauptung gegenüber muss Folgendes erwidert werden. In meiner Abhandlung ist eine Versuchsreihe angeführt, welche wahrscheinlich von dem Verfasser übersehen worden ist, welche aber den oben citirten Einwand ausschliesst.

Diese Versuchsreihe will ich wörtlich citiren:

»Die Versuche der zweiten Reihe wurden in der Weise ausgeführt, dass frisch geholte Milch, welche gewöhnlich schwachsaure Reaction zeigte, bei dem Kochen aber noch nicht gerann, mit Kalilauge neutralisirt wurde, so dass ein Tropfen meiner

---

1) Allg. Wiener medic. Zeitung, 1889, Nr. 52 u. 53.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XVIII, S. 5.

1/5 normalen Kalilauge bei Gegenwart von Phenolphthaleïn rothe Färbung hervorrief. Nun wurden 50 ccm dieser Milch mit einer bestimmten Menge titrirter Milchsäure versetzt und titrirt. So wurde festgestellt, dass die zugesetzte Menge der Milchsäure in der Milch genau durch Titration gefunden werden konnte.

Dann wurden mehrere Kölbchen mit 100 ccm der neutralisirten[1]) Milch und jedes derselben mit verschiedenen Mengen titrirter Michsäure portionsweise bei ununterbrochenem Schütteln versetzt.

Ich will wieder einen Versuch anführen:

2. August 1889: Drei Kölbchen wurden mit 100 ccm frischer Milch gefüllt und mit Natronlauge neutralisirt, worauf der Zusatz der titrirten Milchsäure erfolgte. Die Milchsäure war so vorbereitet, dass 10 ccm 42,2 ccm meiner Natronlauge verbrauchten.

Die angesäuerte Milch wurde abfiltrirt und die Acidität des Filtrats bestimmt.

α) Zu 100 ccm Milch wurden 7 ccm der titrirten Milchsäure zugesetzt:

Acidität der Milch in 50 ccm = 13,7 ccm Kalilauge,
» des Filtrats in 50 » = 8,5 » » .

β) Zu 100 ccm Milch wurden 10 ccm der titrirten Milchsäure zugesetzt:

Acidität der Milch in 50 ccm = 19,2 ccm Kalilauge,
» des Filtrats in 50 » = 12,2 » » .

γ) Zu 100 ccm Milch wurden 15 ccm der titrirten Milchsäure zugesetzt:

Acidität der Milch in 50 ccm = 32,18 ccm Kalilauge,
» des Filtrats in 50 » = 19,85 » » .

In allen angeführten Versuchen erscheint somit die Acidität des Filtrats kleiner als die Acidität der ganzen Milch.

1) Im Original steht »sterilisirten«, was aber ein Druckfehler ist.

Man kann also aus diesen Versuchen den Schluss ziehen, dass das Caseïn die Eigenschaft besitzt, sich mit der Milchsäure zu verbinden, und dass es dadurch neutralisirend wirkt.«

Den in diesem Citate in den letzten Zeilen angeführten Schluss will ich näher besprechen.

Es muss zunächst Folgendes bemerkt werden. Aus dem citirten Texte ist zu entnehmen, dass selbstverständlich, indem gesagt wird: »Das Caseïn habe die Eigenschaft, sich mit der Milchsäure zu verbinden«, dasselbe in demjenigen Zustande, in welchem es sich in der frischen Milch, nämlich vor dem Hinzutreten der Säure befindet, d. h. mit dem Alkali, welches unter diesen Umständen, wie bekannt einen integrirenden Bestandtheil desselben bildet, verbunden, verstanden werden muss.

Timpe benützt im Gegentheil zu meiner Ausdrucksweise den Ausdruck Caseïn für denjenigen chemischen Zustand desselben, welcher erst bei Einwirkung von Säuren zu Stande kommt, d. h. für das des Alkali beraubte Caseïn.

Nach diesen Bemerkungen will ich zur näheren Besprechung der in dem Citate angeführten Versuche übergehen.

Aus diesen Versuchen geht hervor:

1. Wenn man schwachsaure Milch neutralisirt und dann mit titrirter Milchsäure versetzt, so kann die Menge der zugesetzten Säure durch Titration mit Kalilauge wieder gefunden werden.

2. Wenn man solche neutralisirte, dann mit titrirter Milchsäure versetzte Milch filtrirt und die Acidität des Filtrats prüft, so weist dasselbe beträchtlich weniger der Säure auf, als zugesetzt wurde.

Da also bei Anwesenheit des Caseïns durch Titration grössere Acidität gefunden werden kann, bei Abwesenheit desselben in dem Filtrate geringere Acidität zum Vorschein kommt, so ist dadurch bewiesen, dass die Milchsäure auf das Caseïn der neutralen Milch chemisch einwirkt, d. h. mit demselben eine chemische Verbindung eingeht, wodurch ein Theil der zugesetzten Milchsäure gebunden wird.

Denn auch der Einwand, dass, wenn die in der Milch befindlichen phosphorsauren Salze einen Theil ihres Alkali zur Neutralisation der zugesetzten Säure abgeben, die Acidität des Filtrates dadurch geschmälert wäre, hat in diesem Falle keine Geltung. Denn sollte dies der Fall sein, dann müssten die phosphorsauren Salze der mit Milchsäure versetzten Milch als Niederschlag auf dem Filter bleiben, was aber in Anbetracht der sauren Reaction nicht zutreffen kann.

Nun findet Timpe, dass der in Frage stehende Vorgang darin besteht, dass einerseits das Alkali des Caseïns bei Einwirkung der Milchsäure abgespalten wird und, sich mit der letzteren verbindend, neutralisirend wirkt, andererseits, dass noch das des Alkali beraubte Caseïn sich mit der Milchsäure chemisch verbindet und dadurch weiter zur Neutralisation der Säure beiträgt.

In Anbetracht des Umstandes, dass das Alkali des Caseïns die Fähigkeit besitzt, die Milchsäure zu binden — in diesem Sinne muss seine gegen mich gewendete Argumentation verstanden werden — kann die Aciditätsdifferenz in meinen Versuchen durch das Abspalten des Alkali gedeutet werden, und es ist also der Schluss, dass das Caseïn mit der Milchsäure eine Verbindung eingeht, nicht genügend experimentell fundirt.

Ich will das Vorgehen Dr. Timpe's mit einem Beispiele beleuchten: A findet, dass Salzsäure durch Calciumcarbonat neutralisirt wird, und zieht in Anbetracht dieser Thatsache den Schluss, dass diese Erscheinung durch ein chemisches Verbinden beider Stoffe bedingt ist, oder anders gesagt, dass das Calciumcarbonat die Fähigkeit besitzt, die Salzsäure zu binden.

Dann kommt B und untersucht wieder denselben Vorgang und findet, dass bei Neutralisation der Salzsäure sich die in dem Calciumcarbonat enthaltene Base abspaltet und die Neutralisation bewirkt. Nun zieht B den weiteren Schluss: weil eben die sich spaltende Base die Neutralisation bewirkt, ist der Schluss des Forschers A, Calciumcarbonat habe die Fähigkeit, sich mit der Salzsäure zu verbinden, oder anders gesagt, dieselbe zu binden, nicht richtig.

Ich will es dem Urtheile des Lesers anheim stellen, ob man einer solchen Schlussfolgerung beistimmen könnte.

Aehnlich verhält es sich mit meiner Behauptung betreffs der Rolle des Caseïns bei der Milchgährung. Ich habe die allgemeine und fundamentale Thatsache, dass das Caseïn sich mit der sich bildenden Milchsäure verbindet, nachgewiesen.

Wie und in welcher Weise sich dieser chemische Vorgang abspielt, ob das Alkali des Caseïns oder auch das des Alkali beraubte Caseïn dabei im Spiele ist, diese Frage wurde erst durch die Versuche Timpe's in Angriff genommen.



ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

UNTER MITWIRKUNG VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Oberstabsarzt Dr. H. BUCHNER, München; Prof. Dr. R. EMMERICH München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Moskau; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. M. GRUBER, Wien; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. F. RENK, Halle; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. G. WOLFFHÜGEL, Göttingen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, FR. HOFMANN, M. v. PETTENKOFER, M. RUBNER,

O.Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

AMSTERDAM LEIPZIG MÜNCHEN BERLIN.

DREIUNDZWANZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND LEIPZIG.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.
1895.

Die mikroskopische Structur unserer Kleidung.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Mit 7 Abbildungen in 2 Tafeln.

Die Angaben, welche ich vor einiger Zeit über den Aufbau unserer Bekleidung gemacht habe, haben zu dem Verständnis der Function derselben einen nicht unwesentlichen Beitrag geliefert. Aus den Dickenverhältnissen, dem specifischen Gewicht und Porenvolumen der Kleidungsstoffe werden manche Eigenthümlichkeiten der Kleidung, welche früher schwer zu systematisiren waren, leicht erklärlich; die Studien über die Kleiderluft geben Zeugnis von dem Luftwechsel und dem Austausch der Producte normaler Hautathmung mit der Atmosphäre.[1])

Es schien mir aber immerhin noch wünschenswerth, an Stelle der Zahlen, durch welche wir unsere Vorstellungen von dem inneren Gefüge der Kleidung unterstützen müssen, noch eine unmittelbarere Anschauung von der Constitution und dem räumlichen Aufbau zu setzen, wobei dann vielleicht auch zu erwarten stand, dass einige Eigenschaften der Kleidung, die wohl der Wirkung, aber nicht den näheren Ursachen nach bekannt sind, festzustellen sein würden.

Unserem Verständnis wird Alles, was man sehen und mit dem Auge genauer verfolgen kann, näher gerückt. Mancherlei

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 29 ff.

Dinge liessen sich an Modellen, mit denen man Gespinnste und Gewebe nachahmt, anschaulich machen; aber im Kleiderbau kommt es sicherlich auf Kleinigkeiten und Feinheiten der Objecte an, wie sie an einem groben Modellstoffe gewiss nicht zu erreichen wären. Ein Modell könnte der Natur nur unvollkommen nahekommen, nur soweit, als der Constructeur aus eigener Anschauung richtige Vorstellungen sich erworben hat.

Das geeignetste Hülfsmittel auf dem neuen Wege, den wir einzuschlagen für zweckmässig halten, kann nur die mikroskopische Untersuchung bieten.

Die mikroskopische Beobachtung der Kleidungsstoffe, die ich mehrfach versuchte, befriedigt aber im Einzelnen nicht; man rückt dem Objecte, das man prüft, doch nicht so nahe, als es wünschenswerth erscheint, und die mannichfaltigen Bilder, welche die Verschiebung des optischen Querschnittes liefert, sind eher verwirrend als erklärend. Dagegen habe ich in mikroskopischen Durchschnitten der Kleidungsstoffe seit Jahren ein wesentliches Hülfsmittel zum Studium wie zum Unterricht erkannt.

Mittelst eines bestimmten Verfahrens gelingt es, Schnitte geeigneter Dicke herzustellen; die Schnitte werden dann mit zwanzig- bis fünfzigfacher Vergrösserung photographirt, und diese Photogramme halte ich für Vorlesungs- und Demonstrationszwecke bereit. Ich habe mich immer mehr von den Vortheilen dieser Darstellungsweise überzeugt und glaube daher auch Anderen durch die Beschreibung dieser Untersuchungen und die Wiedergabe der Photogramme Nutzen zu verschaffen.

Diese Mittheilung soll nur an einigen typischen Stoffen den Aufbau unserer Kleidungsstoffe erläutern und zugleich darthun, welche Schlüsse man aus dem mikroskopischen Verhalten eines Stoffes ziehen kann. Den ferneren Arbeiten des Laboratoriums sei es überlassen, für eine Reihe von praktischen Fragen die Methodik bei speciellen Studien zu benützen.

Das Schneiden mikroskopisch verwerthbarer Schnitte unserer Kleidung begegnet manchen Schwierigkeiten. Es gelingt selbstverständlich nur nach Einbettung der Stoffe in eine geeignete

Härtungsmasse; aber nicht jede eignet sich dazu. Nach einigem Probiren sind wir bei folgender Methode geblieben:

Kleine Stückchen des Stoffes (etwa 1 qcm gross) wurden 24 Stunden in eine Mischung von gleichen Theilen Alkohol (absol.) und Aethyläther gebracht, dann mit der Pincette herausgenommen und in eine dicke, zähflüssige Lösung von Celloidin in Aether und Alkohol eingelegt und 24 Stunden liegen gelassen, dann mittelst der Pincette herausgehoben und auf einen in die Klemmen des Mikrotoms passenden Kork geklebt, unter Benützung des Celloidins als Klebemittel. Es wurde hierauf geachtet, dass die Ebenen des Stoffmaterials zur Oberfläche des Korkes eine normale Richtung bekamen. Nach wenigen Minuten wird das Celloidin fester, dann kann der Kork in wässerigen Alkohol (60 Alkohol, 40 Wasser) gelegt werden. Hier nimmt das Material bis zum nächsten Tage Schnittconsistenz an und lässt sich mit dem Mikrotom, falls man nicht unter 0,05 mm heruntergehen will, schneiden. Das Schneiden geschah unter Befeuchten des Messers mit dem verdünnten Alkohol. Die Schnitte wurden zunächst in wässerigem Alkohol gehalten, dann mit dem Spatel auf den Objectträger übertragen, mit Fliesspapier abgepresst, mehrere Male mit Anilinöl behandelt, unter mehrmaliger Erneuerung desselben. Schliesslich das Anilinöl mit Xylol ausgewaschen, der Ueberschuss weggenommen und mit Xylol-Canadabalsam aufgekittet.

Die Photographien wurden mit Zeiss' Apochromat 35 mm bezw. mit Apochromat 70 mm aufgenommen. Die beigefügten Photogramme, welche Privatdocent Dr. Günther angefertigt hat, betreffen: glatte Gewebe aus Leinen, Baumwolle, Seide; Trikotgewebe aus Wolle, Kleidungsstoffe aus Wolle, und Wollflanell. Ueber die physikalischen Verhältnisse dieser Stoffe kann man sich auf Grund meiner früheren Angaben unterrichten.[1]) Ich habe noch einen Schnitt durch eine complete Kleidung, welche alle Schichten umfasst, zugefügt.

1) a. a. O.

Schon ein oberflächlicher Blick auf die Darstellung der Photogramme (s. Tafel I und II) zeigt, dass sie uns ein ausserordentlich klares Bild der Kleidereigenthümlichkeiten geben.

Diese Gerüstsubstanzen für Luft, wie man sie nennen möchte, tragen die grösste Mannichfaltigkeit an sich, und gewiss zeigt uns das mikroskopische Bild mehr Eigenthümlichkeiten, als wir mit dem blossen Auge und der tastenden Hand wahrnehmen können.

Nach meinen früheren Untersuchungen mögen ein paar kurze Angaben über die physikalischen Verhältnisse erwähnt sein. Glattgewebte Stoffe aus Baumwolle, Leinen haben 0,748 bis 0,446 spec. Gew., Trikotwolle 0,179 spez. Gew., Wollflanell 0,095 und Winterkammgarn 0,238 spec. Gew. Das Porenvolumen beträgt für Baumwolle 520, für Leinen 489, Trikotwolle 863, Wollflanell 923, Winterkammgarn 817.

Die Durchgängigkeit für Luft bei gleicher Dicke:

bei	Wollflanell . . .	1,138	l Luft,
»	Wolltrikot . . .	1,027	» »
»	glatter Baumwolle	0,207	» » .

Ehe wir an die Besprechung von Einzelheiten gehen, wird es zweckmässig sein, theoretisch darzulegen, was die räumlichen Vorstellungen des Kleiderbaues zu lehren vermögen.

Die Photogramme lassen uns die Anordnung der Elemente eines Kleidungsstoffes erkennen, und ihre Maassverhältnisse ergeben sich nach geeigneter Reduction der Vergrösserung unserer Abbildungen; die Menge der in den drei möglichen Ebenen gelegenen Fasern bleibt bei verschiedenen Stoffarten nicht dieselbe. Unterschiede aber fallen in's Gewicht, einmal für die Art und Weise, wie in das Innere der Kleidung eindringende Luftströmungen in dieser sich ausbreiten, dann aber für die Wärmeleitung. Sind unsere Kenntnisse betreffs der letzteren noch keineswegs voll geklärt, so steht, um nur Eines hervorzuheben, aus manchen anderen Untersuchungen über ähnliche Objecte fest, dass die Leitung der Axe einer Holzfaser und eines Haares, einer anderen Grösse entsprechen wird, als

die Leitung in einer auf die genannte senkrechten Richtung. Der Augenschein der mikroskopischen Structur kann also in vortheilhafter Art aufklärend wirken.

Die Elemente eines Kleidungsstoffes ordnen sich manchmal zu lückenlosen Fäden, oder zu Fäden, die wenigstens nur von ausserordentlich feinen Spalträumen durchzogen sind, oder sie bestehen aus lockeren Fadenbüscheln. Diese Anordnungen gewähren auf gewisse Eigenschaften der Grundsubstanzen einen Rückschluss. Bleiben die Fäden zu lockeren Büscheln verbunden, so hat man es mit einer Substanz von grosser Elasticität zu thun, die ihre Natur auch durch das Aussenden vieler feiner Fortsätze nach aussen an die Begrenzungsfläche des Stoffes verräth. Ein künstlich gelockerter Stoff, dessen Elasticität wenig nachhaltend ist, wird sich stets durch stellenweise dichte Lagerung in einzelnen Fäden verrathen.

Das Porenvolumen der Kleidung, auf dessen Bedeutung ich zuerst aufmerksam gemacht habe, gibt uns ein deutliches Bild der mittleren Beschaffenheit eines Kleidungsstoffes; bei gleichem Porenvolumen kann aber die Art der vorhandenen Hohlräume sehr ungleich sein. Neben gleichartigen Hohlräumen in dem einen Fall können in einem anderen neben vielen grossen Hohlräumen reichlich kleine sich finden.

Die photographische Studie beweist, ob die eine oder die andere Möglichkeit vorliegt; unwesentlich ist diese Aufklärung nicht, weil von der Art der vorhandenen Räume offenbar ebensowohl die Grösse der Wasserfüllung als auch die Geschwindigkeit der Luftbewegung mit abhängig ist. Ungleiche Porengrössen vertheilen auch den Luftstrom ungleichmässig.

Auch im Allgemeinen wird man die Messung der Capillarräume in den Kleidungsstoffen als eine Erweiterung unserer Kenntnisse betrachten müssen, weil es bisher an derartigen Feststellungen überhaupt mangelte; die Verwerthung systematischer Versuche über die wasserhaltende Kraft der Kleidung und ihren Luftwechsel kann nur auf Grund sorgfältiger Erkenntnis des feineren Aufbaues der Kleidung erwartet werden. In den Capillarräumen der Kleidung finden sich mancherlei

Abfallstoffe, welche allmählich der Zersetzung unterliegen; bei diesen Vorgängen ist vielleicht die Kleinheit des Raumes, in welchem sie sich abspielen, nicht ohne Bedeutung.

Ich habe schon auf den ungleichen Contact der Kleidungsstoffe hingewiesen, der sich aus der Oberflächenbeschaffenheit derselben wird ableiten lassen. Je mehr Contact die festen Stoffe mit der Haut haben, desto grösser ist auch der an den Berührungspunkten vor sich gehende Wärmeverlust. Die Stellen, wo nur Luftleitung in Betracht kommt, verlieren weit weniger an Wärme. Bekleiden wir uns also mit Stoffen ungleicher Oberflächenbeschaffenheit, indem wir sie etwa als Unterkleider direct auf der Haut tragen, so kommt im Moment der Berührung ein sehr unangenehmes Kältegefühl dort zu Stande, wo eine innige Berührung eingetreten ist.

Die Oberflächenbeschaffenheit und die Contactfläche der festen Stoffe bedingt auch Verschiedenheiten der Wärmeempfindung, wenn durchfeuchtete Kleider in Frage kommen. Die elastischen und rauhen Kleidungsstoffe behalten einerseits die Contactflächen bei, welche an sich klein sind und daher wenig Wärme leiten. Die wenig elastischen Stoffe klatschen an der Haut fest, vermehren den directen Contact und erhöhen in enormem Maass den Wärmeverlust.

Noch nach einer dritten Richtung hin hat die Grösse der Contactflächen der festen Stoffe Bedeutung, nämlich für die Adhäsion der Kleidungsstoffe in nassem Zustande; wie wichtig dieser Umstand erscheint, habe ich a. a. O. schon dargethan.

Nach diesen Besprechungen ergibt sich die Beurtheilung der Eigenschaften vieler Kleidungsstoffe von selbst; wir wollen in den Einzelfällen nur einige Eigenthümlichkeiten noch besonders betonen.

Glattgewebtes Leinen. (Fig. 2.)

Wird namentlich zur Unterkleidung als Hemdenstoff verwendet. Die einzelnen Fasern des Gewebes legen sich eng aneinander und lassen nur kleine Hohlräume zwischen sich. Jeder Faden besitzt eine nicht unerhebliche Dicke. Denkt man

sich eine Begrenzungsfläche an den Stoff gelegt, so entstehen durch die etwas unebene Oberflächenbeschaffenheit Hohlräume, welche offenbar grösser sind als die in dem Stoff selbst vorhandenen. Immerhin aber zeigt auch das mikroskopische Bild, dass die Contactpunkte der festen Substanz ungemein zahlreiche sein müssen, und dass sehr günstige Bedingungen für die Adhäsion solcher Stoffe vorliegen. Ich habe viele Stellen nach dem Photogramm ausgemessen, um ein ungefähres Bild der absoluten Grösse der vorhandenen Hohlräume zu gewinnen.

Die Dicke des Stoffes beträgt, von Begrenzungsfläche zu Begrenzungsfläche gemessen, etwa 0,34 mm; der Durchmesser der Spalträume dürfte kaum 0,05 mm überschreiten.

Barchent. (Fig. 1.)

Aehnlich wie vorstehender Stoff verhält sich ein Hemdenstoff aus Baumwolle. Die Fäden sind sehr dicht, und vielleicht nur durch den Umstand, dass die Baumwollfasern sehr kurz zu sein pflegen, scheint da und dort eine gewisse Lockerung vorzuliegen. Aber auch bei diesem Stoff sind die Contactflächen sehr zahlreich, ja vielleicht übertrifft darin dieser Baumwollstoff sogar den Leinenstoff, dessen Fäden stärker angezogen sind und der Oberfläche ein kleinwelliges Aussehen geben. Der Stoff misst etwa 0,26 mm in der Dicke, und der Durchmesser der Hohlräume dürfte im günstigsten Falle etwa 0,08 mm erreichen, bleibt aber zumeist erheblich darunter.

Seide. (Fig. 3.)

Die Einzelelemente eines Seidenfadens gehören zu den feinsten aller Gewebselemente. Ihre Länge macht sie für die Verspinnung besonders geeignet. Der Stoff zeichnet sich wesentlich durch die ausserordentliche Kleinheit der Poren und Faden selbst aus, der geradezu vielfach aus compacter Substanz zu bestehen scheint. Der Contact wird nur durch die wellige Beschaffenheit etwas verringert, ist aber unzweifelhaft sehr gross.

Die Dicke des Stoffes macht 0,18 mm aus. Die grossen Hohlräume, welche zwischen den Contactflächen und dem Seidenstoff auftreten, haben nie mehr als 0,05 mm Durchmesser.

Wolltrikot. (Fig. 7.)

Das Trikotgewebe gehört zu den lockeren Geweben; zwar sind einzelne Fäden am Schnitt wohl erkennbar, aber nur auf kurzen Strecken liegen die Haare eng aneinander; meist lockern sie sich und lassen grössere oder kleinere Hohlräume zwischen sich. Die Anordnung der Fasern weist weit weniger Regelmässigkeit auf als jedes der vorher genannten und beschriebenen Gewebe. Wir haben also nicht nur Hohlräume zwischen Stoff und den Contactflächen, sondern zwischen den Einzelfäden selbst. Von einer scharfen Begrenzung kann man nicht sprechen; da und dort ragen einzelne Haare weiter über den Stoff nach aussen. Die Dichtigkeit einzelner Partien ist ungleich. Die Dicke betrug 0,75 mm, der Porenraum zwischen den Fäden misst etwa 0,05 mm, sonst sind Räume von etwa 0,17 mm Ausmaass vorherrschend.

Kleiderstoff aus Wolle. (Fig. 6.)

Das Grundmaterial besteht aus gröberen Wollhaaren als jene beim Trikotstoff sind. Die Widerspenstigkeit in der Verarbeitung ist daher auch noch grösser, fast jedes Haar nimmt seinen eigenen Weg und hat mit den übrigen wenig Berührungspunkte. Besonders an den Rändern der Fäden stösst man überall auf eine Lockerung der Fasern. Die Haare heben sich weit weg in die Luft und halten dadurch den Stoff von den Contactflächen ab. Zwischen den Fäden sind die Hohlräume offenbar lang gestreckt, wie die Längsschnitte einiger Fäden darthun. Die Dicke des Stoffes war etwa 1,4 mm. Die Spalträume zwischen den inneren Theilen eines Fadens messen etwa 0,15 mm Breite und sehr oft 0,7 mm Länge und darüber, fast nirgends vermisst man Abstände von 0,05 mm. In den lockeren Partien des Stoffes, welche einen erheblichen Bruchtheil des Ganzen ausmachen, findet man Hohlräume von etwa 0,35 mm Durchmesser.

Flanell. (Fig. 5.)

Am wenigsten macht Wollflanell den Eindruck eines »Gespinnstes«. Die Fasern lagern sich nach allen möglichen Richtungen. Nur an wenigen Stellen zeigt sich ein Fadenbündel, aus mehreren Haaren bestehend, in enger Berührung. Auffallend erscheint die ausserordentliche Gleichmässigkeit der Vertheilung der einzelnen Haare im Raume; die Vertheilung ist gleichartiger als bei dem auch aus Wolle bestehenden Hosen- und Trikotstoff. Denkt man sich Begrenzungsflächen an den Stoff gelegt, so wird die Hauptmasse des Stoffes von der Berührung nach aussen durch die feinen Haare, die sich aus dem Stoff heraus entwickeln, geschützt. Die Contactspunkte sind minimal.

Die Dicke des Flanells beträgt etwa 2,05 mm; nur wenige Räume sind kleine Spalten von 0,05 mm Durchmesser; die Hauptmasse der Hohlräume hat 0,43 mm Durchmesser, eine Grösse, die bei anderen Stoffen nicht erreicht wird.

Zum Schluss mag noch auf das Photogramm Nr. 4 aufmerksam gemacht werden, welches uns einen Durchschnitt durch die ganze Kleidung, wie man sie etwa an kalten Wintertagen trägt, gibt. Wir sehen als innerste Lage ein Trikothemd; sein Aussehen ist ein ganz anderes wie das des Trikotstoffs auf Fig. 7. Der Trikotstoff, der hier vorliegt, wurde bereits seit zwei Jahren getragen, hat sich verfilzt und zusammengezogen. Die Fasern haben sich eingerollt und gekräuselt. Die ursprünglich zahlreichen Wege für die Luftcirculation sind mehr und mehr verlegt. Glatt kann man aber die Oberfläche noch immer nicht nennen; denn einzelne Fasern erheben sich als Stützen und halten den nächstfolgenden Stoff — ein Leinenhemd — ab. Er erinnert in seiner dichten Webweise, bei der die Fäden straff angezogen wurden, fast an den Changeant-Seidenstoff.

Ebenso schwer luftdurchgängig erweist sich offenbar der nächstfolgende Baumwollfutterstoff der Weste. Nach aussen folgt der guterhaltene Wollstoff der Weste, dann der Futterstoff des Rockes und dieser selbst, von gleicher Art wie die Weste.

Die einzelnen Lagen halten aber nicht enge aneinander, sondern lassen Spalten zwischen sich, deren Natur und Beständigkeit ausreichend durch die Härchen, welche von den Wollstoffen als Stützen sich erheben, erklärt ist. Die Dicke aller Lagen war 5,5 mm. Davon kamen in der Reihenfolge, wie sie genannt wurden, auf die einzelnen Stoffe

1,1; 0,25; 0,25; 1,15; 0,30; 1,10;

im Ganzen treffen also 75 % auf den Stoff und 25 % auf die gröberen, 0,2; 0,7; 0,4 mm messenden Spalträume.

Wie man sieht, wirken auf die Kleidung die mehrfachen Lagen dichter Stoffe insofern ungünstig ein, als sie uns die Homogenität der ganzen Kleidung stören; unsere Futterstoffe müssen einen veränderten Bau erhalten.

Einen Ueberblick über Dickenmaasse und die Maassverhältnisse der Hohlräume gewährt etwa folgende Tabelle:

Stoffsorte	Dicke in mm	Kleine Hohlräume in mm	Grössere Hohlräume in mm
Seide Changeant	0,18	0,05	—
Barchent	0,26	0,08	—
Leinen	0,36	0,05	—
Wolltrikot	0,75	0,05	0,17
Wollhosenstoff	1,60	0,05	0,35
Wollflanell	2,05	0,05	0,43

Es zeigt sich also, dass alle glattgewebten Stoffe über eigentliche Hohlräume zwischen den Fäden selbst nicht verfügen, sondern dass Hohlräume nur durch die Berührung zwischen Stofflagen aus den letzteren mit anderen Contactflächen entstehen.

Hohlräume zwischen den Fäden haben Wolltrikot, Kleiderstoff und Flanell. Sie beruhen wohl wesentlich darauf, dass die Haare wegen ihrer grossen Elasticität der Verarbeitung ganz wesentliche Hindernisse bereiten. Das Trikotgewebe, wie Kleiderstoff und Flanell zeigen uns das Bestehen besonderer Räume, welche durch das Loslösen einzelner Fadenelemente von den Fäden selbst entstehen. Vielleicht ist es zweckmässig, zur

leichteren Verständigung ein- für allemal die Räume in den Fäden selbst als Fadenräume, die Räume zwischen denselben als Zwischenfadenräume, und solche Hohlräume, welche nur dadurch erzeugt werden, dass ein Stoff auf eine Berührungsfläche sich auflegt, als Contacträume zu bezeichnen. Die Natur eines Gewebes liesse sich dann durch Bezeichnung über das Vorkommen solcher Räume, das Fehlen einzelner Arten leicht übersichtlich angeben.

Sonach hätten z. B. die untersuchten Stoffe glatter Webweise fast keine Fadenräume und Zwischenfadenräume, wohl aber etwas Contacträume; der Trikotstoff hätte neben Fadenräumen einen mittleren Gehalt an Zwischenfadenräumen und ziemlich viel Contacträume; der Flanellstoff hätte verschwindend wenig Fadenräume, aber reichlichst Zwischenfadenräume und die grösste Menge an Contacträumen, die wir kennen gelernt haben.

Die Ergebnisse dieser Messungen lassen sich auch für eine Frage der Wärmelehre verwerthen.

Die Kleinheit der in den Kleidungsstoffen vorhandenen Hohlräume berechtigt zu dem Ausspruche, dass im Allgemeinen und mit unbedeutenden Ausnahmen Wärme nur durch Leitung nach den Kleidern und durch die Kleider wandert. Soweit die Fasern der Kleidungsstoffe unsere Haut berühren, versteht sich der Wärmeverlust durch Leitung von selbst. Aber auch für die von Luft erfüllten Hohlräume kommt wesentlich nur Leitungsverlust in Betracht.

Stefan[1]) hat das Leitungsvermögen der Gase bestimmt, indem er die letzteren in einen Hohlraum, der von zwei Cylindern gebildet wurde, einschloss, den einen Cylinder als Luftthermometer benützte und ein solches System in einer Flüssigkeit abkühlen liess. Dabei kann man darthun, dass bei geringem Abstand der beiden Cylinder von einander die Wärmestrahlung bis auf wenige Procent überhaupt an dem Wärmeverlust des inneren Cylinders gar nicht betheiligt ist. Bei den unendlich viel kleineren Dimensionen der Kleiderhohlräume dürfen wir mit Recht ver-

1) S. Wüllner, Bd. III, Physik, S. 342.

muthen, dass der Weg, auf welchem die Wärme nach aussen geht, wesentlich die Leitung durch die Luftmoleküle sei.

Eine Aenderung dürfte nur für jene Fälle, in welchen die Kleidung sich in Falten abhebt, gegeben sein. Wie viel gerade auf Luftleitung und auf Leitung fester Stoffe zu rechnen ist, muss in den Einzelfällen erheblich differiren, wie es schon die Betrachtungen über die Contactverhältnisse gewisser Stoffe haben erkennen lassen.

Man hat keinerlei Anrecht, die Wärmeleitung als Leitung durch stagnirende Luft aufzufassen. Trotz der Kleinheit der Hohlräume und trotz der geringen Stärke der wirkenden Kräfte besitzt diese Luft ausreichend Beweglichkeit, den Wärmetransport zu übernehmen. Die ungleiche Grösse der Hohlräume verräth uns aber gewiss auch die Ungleichheit der Bewegung an einzelnen Theilen des Stoffes.

Ich glaube in dem Vorstehenden einen orientirenden Ueberblick über ein neues Feld zu hygienischer Bearbeitung gegeben zu haben. Es lassen sich auf dem gedachten Wege eine Unzahl noch kaum discutirter Fragen in den Kreis der Beobachtungen ziehen, und ich denke, dass später über Untersuchungen, welche ich und meine Mitarbeiter weiter führen werden, berichtet werden kann.

Die Technik wird aus solchen Untersuchungen mehr Nutzen ziehen, als bislang geschehen ist, weil einerseits die Prüfung des Materials verhältnismässig einfach erscheint, und weil auch die Abänderungen, welche mit dem Gewebe vorgenommen werden sollen, sich werden genauer angeben lassen.

Thermische Studien über die Bekleidung des Menschen.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Einleitendes.

Durch Versuche, welche in meinem Laboratorium ausgeführt und von Dr. Rumpel mitgetheilt worden sind, gelang zuerst der sichere Nachweis der bis dahin bestrittenen wärmeregulatorischen Aufgabe der Kleidung; es wurde sowohl bewiesen, dass die Kleidung mit zunehmender Dicke einen besseren Wärmeschutz giebt, als auch, dass bei verschiedener Höhe der Lufttemperatur der Wärmeschutz ein wechselnder ist.

Wenn die Kleidung aus ganz einheitlichen Substanzen bestünde, so würde aus unseren Experimenten gefolgert werden müssen, dass die Temperaturen unserer Kleidung unter verschiedenen Umständen sehr verschiedene seien; immer aber müssten dieselben den Ergebnissen der calorimetrischen Messung parallel gehen.

Dieser Schluss ist aber ohne Weiteres in seiner Allgemeinheit nicht richtig, weil durch meine vor Kurzem veröffentlichten Untersuchungen entgegen den bisherigen Annahmen eine specifische Verschiedenheit der Wärmestrahlung dargethan wurde.

Die calorimetrischen Studien über die Bekleidung müssen also in sachgemässer Weise durch das Studium der Temperaturverhältnisse unserer Kleidung noch erweitert werden und

können dadurch eine neue wichtige Stütze erhalten. Es wird sich zeigen lassen, dass der Temperaturmessung der Kleidung keine untergeordnete Rolle beizumessen, dass dieselbe vielmehr im Stande ist, ein übersichtliches Bild der Wärmeabgabe zu liefern, welches durch die Feinheit und weitgehende Verwerthbarkeit der Methode an Bedeutung gewinnt. Temperaturmessungen der Kleidung lassen sich unter den mannigfachsten Lebensbedingungen noch ausführen, wo die calorimetrische Methode nicht mehr zur Anwendung kommen kann. Sie werden also zweckmässig und kritisch angewandt zu einer Ergänzung der Calorimetrie führen müssen.

Eine eingehendere, die Aufgaben der Hygiene berücksichtigende Bearbeitung hat die Oberflächentemperatur unseres Körpers bis jetzt nicht gefunden. Die ersten Messungen der Hauttemperatur reichen viele Jahrzehnte zurück und sind zu Zeiten angestellt, wo man die körperlichen Bedingungen, die zum Gelingen der Versuche gegeben sein müssen, noch wenig kannte. Vor einigen Jahren hat Kunkel[1]) einige neuere Angaben über die Temperatur der freien Haut und der Kleidung gemacht; und ich habe gleichfalls schon vor Jahren, von hygienischen Gesichtspunkten ausgehend, dieses Thema behandelt und die Resultate zum Theil bereits in meinem Handbuch der Hygiene verwerthet und bekannt gegeben.[2])

Zunächst sollen die Temperaturbestimmungen unserer Körperoberfläche mitgetheilt und besprochen werden; an diese werden sich dann eine Reihe wichtiger allgemeiner Fragen über den Einfluss der Dicke der Kleidung, die Beziehungen der Hauttemperaturen bedeckter und nackter Hautstellen, die Schichttemperatur und über die absolute Grösse der menschlichen Wärmestrahlung anschliessen.

Die Bestrebungen, direct mittels Thermometern die Hauttemperatur zu messen, liefern erfahrungsgemäss nur ungenügende

1) Sitzungsberichte der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg 1886 und Zeitschr. f. Biologie, 1889, Bd. XXV, S. 55 ff.

2) Handbuch d. Hygiene, 3. Aufl.; siehe auch Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspflege, 1893, S. 471 ff.

Resultate. So macht Collin[1]) darauf aufmerksam, dass angelegte Thermometer um 0,5 bis 1,0° niedrigere Werthe geben, als in der Subcutis zu treffen sind, und gegen das Einlegen der Thermometer in eine Hautfalte, wie es Senator empfiehlt, muss man den Einwand erheben, dass dadurch die Abgabeverhältnisse der Haut für Wärme ganz erheblich geändert werden. Das in die Hautfalte eingelegte Thermometer muss man eben als ein »bekleidetes« Thermometer betrachten.

Als temperaturmessende Methode kann unzweifelhaft nur das thermoëlektrische Verfahren in Anwendung gezogen werden, das trotz der Schnelligkeit, mit der das Resultat zu gewinnen ist, zugleich den höchsten Anforderungen an Genauigkeit entspricht.

Zur Bestimmung der Temperatur bediente ich mich daher feiner Thermoëlemente, welche mit einem Galvanometer in Verbindung standen. Das Galvanometer — eine Wiedemann'sche Boussole[2]) mit Glockenmagnet und Kupferhülse — war auf einer in die Mauer eingelassenen Sandsteinplatte aufgestellt. Die Astasie konnte durch einen Hauy'schen Stab variirt werden. Die Spiegelablesung erfolgte mit Fernrohr in üblicher Weise.[3])

Die Combination der Elemente bestand anfänglich aus Kupfer und Eisen, zu den meisten Messungen habe ich aber Eisen-Neusilber-Elemente benutzt.

Von den Elementen war ein Paar dazu bestimmt, in eine Flüssigkeit bekannter Temperatur getaucht oder durch Einstecken zwischen die Kleidungsstücke zur Messung der dort herrschenden Temperatur verwendet zu werden; diese Elemente wurden durch Aushämmern des Drahts und Verlöthung desselben mit Weichloth erhalten. Die zum Anlegen an die Haut oder andere Oberflächen bestimmten Elemente liess ich ebenso herstellen wie die vorigen, doch wurden die Löthstellen hakenförmig umgebogen.

---

1) Tereg. Die Lehre der thier. Wärme, 1890, S. 74 ff.

2) Von Dr. Edelmann hergestellt.

3) S. bei Claude Bernard, Vorlesungen über die thierische Wärme, Leipzig 1876, S. 69, und Hermann, in dem Handbuch der Physiol. der Bewegungsapparate, Leipzig 1879, S. 176 ff.

Auch die von Kunkel empfohlene bügelförmige Verlöthung habe ich vielfach angewandt.[1])

Die von der Löthstelle abgehenden Leitungen waren durch Gummi gut isolirt, die Drähte in Glas fest verkittet und das Glas in eine 20 cm lange Holzhülse eingeschlossen.

Während des Versuchs blieb ein Element in einem Gefäss von bekannter Temperatur; letzteres bestand aus einem würfelförmigen, doppelwandigen, mit Asche gefüllten Kasten, in welchen ein Glasgefäss eingeschlossen war. Das Glasgefäss füllte ich mit Rüböl, und mitten im Rüböl befand sich eine leichte Kupferhülse, welche das Thermoëlement aufnahm, ohne Contact zu geben.

Vor einem Versuche wurden die beiden Elemente in Oel getaucht, um den 0-Punkt des Galvanometers zu erfahren, und dieses zum Mindesten nach jeder Reihe controlirt. Sodann wurde die Temperatur des Gefässes mittels Normalthermometer gemessen, das eine Element eingesteckt, das andere in Oel belassen und auf die Temperatur des grossen Gefässes gebracht und gewartet, bis das Galvanometer auf 0 stand.

Sodann konnten die Versuche beginnen. Die Regeln, welche dabei innezuhalten sind, lassen sich weniger beschreiben, als mit Uebung auffinden. In erster Linie darf man ein Thermoëlement nicht aufpressen, dies gilt für die Messung der Hauttemperatur, und noch viel mehr für die Messungen an Kleidungsstoffen. Presst man stark auf, so comprimirt man die Haut und die Kleidung, und da tiefere Schichten wärmer sind als oberflächliche, so bekommt man zu hohe Zahlen. Jede mechanische Irritation bringt bei Hautmessungen Fehler. Man darf nicht das Element drücken und reiben, da sonst die Blutfülle und wirkliche Temperatur sich ändert.

Eine nicht unwichtige Frage ist die Ausstattung der zur Oberflächentemperaturmessung benutzten Thermoelemente. Die von Kunkel gewählte bogenförmige Anordnung halte ich für die zweckmässigste; der Bogen ist vollkommen frei, von geringer

1) a. a. O. Ich komme später auf die Form der Löthstellen zurück.

Metallmasse und kann beliebig in eine Holzhülse verschoben werden.

In neuerer Zeit hat Kunkel diese Anordnung verlassen, schliesst den Bogen ganz in Siegellack ein und lässt ihn an einer ³/₄ cm grossen Gipsplatte enden; er glaubt, die frühere Anordnung könne Fehler geben, weil die Ausstrahlung der Thermoelemente nicht die gleiche sei, wie die Haut. Die Methode müsse etwas zu niedrige Werthe geben. »Der Wärmeabfall von Haut durch das Eisenplättchen, Loth, Neusilber ist ein viel steilerer als angenommen wurde. Die Löthstelle besitzt bei Einhaltung der beschriebenen Versuchsanordnung nicht den Wärmegrad der Haut.«

Wenn man diese Bedenken bis zu einem gewissen Grade als theoretisch richtig anerkennen wird, so glaube ich doch nicht annehmen zu dürfen, dass in praxi die gewonnenen Resultate erheblich beeinflusst werden.

Eine Metallfläche von wenigen Quadratmillimetern, welche der Haut aufgedrückt wird, muss unbedingt in allen Theilen eine Temperatur annehmen, welche der Hautoberfläche gleich ist, vorausgesetzt, wir warten so lange, bis der Wärmecapacität Genüge geleistet ist. Die Dicke der Thermoëlemente, durch welche hindurch die Wärme sich vertheilt, beträgt weniger als 1 mm. Vergleicht man damit die Werthe für den Temperaturabfall in Kupfer- oder Eisenstäben, welche Biat[1]) und Despretz[2]) erhalten haben, so wird man finden, dass in einer weniger als 1 mm dicken Eisenneusilber-Schicht kein in Betracht kommender Temperaturabfall eintreten kann. Die Ausstrahlung der Metallfläche der Thermoëlemente ist weit kleiner als die Ausstrahlung der darunter liegenden Haut, was auch nur günstig auf die Genauigkeit der Erhebung der Oberflächentemperatur einzuwirken vermag.

Ich habe mehrfach in einem Glaskästchen Wasser auf bestimmte Temperatur gebracht, in das Wasser ein Thermometer und an die Aussenfläche ein des Contactes wegen mit einem

1) Traité de physique, T. IV.

2) Despretz. Poggend. Annal., T. XII.

Oeltröpfchen versehenes Thermoëlement gebracht. Dabei — die Glasschicht betrug 2,5 mm — sieht man in der That das Thermoelement geringere Angaben machen, als die thermometrische Messung des Wassers gibt, aber das Glas ist eben ein ausserordentlich schlechter Wärmeleiter. Ich möchte also das oben beschriebene Verfahren der Temperaturmessung freier Oberflächen für ausreichend genau erachten.

Gegen die völlige Einschliessung der Thermoëlemente in schlechte Wärmeleiter — Siegelwachs, Gips — würde geltend zu machen sein, dass bei Anlegung eines solchen Elements an die Haut oder andere Flächen dieselben eben »bekleidet« und in ihrem Wärmeverlust geändert werden und so höhere Temperaturen annehmen, als sie bei möglichst ungehinderter Ausstrahlung besitzen.

Die Messung der Temperaturen geschieht, wie auch Kunkel angibt, so, dass man das Element vorwärmt. Das geschieht durch einiges Aufliegen an den zu messenden Flächen und Wechseln des Platzes, damit nicht den darunter liegenden Stellen merklich Wärme entzogen wird. Es scheint mir, in dieser Weise angewandt, das Thermoëlement allen Anforderungen, welche an die Instrumente mit Rücksicht auf die zu lösenden Aufgaben zu stellen sind, befriedigend zu entsprechen. Es wird sich auch späterhin bei Besprechung der Versuche zeigen, dass die mittelst der Thermoëlemente gewonnenen Resultate in vollkommener Weise mit den Schlüssen aus anderen Ergebnissen übereinstimmen.

Wenn man bei Temperaturmessungen am Lebenden gleichbleibende und verlässliche Resultate erhalten will, so muss man immer unter solchen Bedingungen arbeiten, dass das Wärmegleichgewicht erreicht sein kann; ferner erscheint es auch unerlässlich, in derselben Körperstellung die Messungen auszuführen. Man weiss, dass z. B. das Hochhalten der Arme nach kurzer Zeit die Hauttemperatur der Hand um mehrere Grade sinken macht. (Wolff.)

Die Zahl der Personen, an denen ich meine Messungen anstellte, ist eine beschränkte gewesen; im Wesentlichen kam

es darauf an, unter mehrfach variirten Versuchsbedingungen zunächst die wichtigsten Thatsachen festzustellen. Zwei der Versuchsindividuen waren 25 bis 26 Jahre alt, ohne erhebliches Fettpolster; das dritte 38 Jahre alt mit besser entwickelter Fettlage.

Temperaturen der Körperoberfläche und ihre Beziehungen zu den Schwankungen der Lufttemperatur.

Die thermischen Fragen, welche uns in dem Kapitel Kleidung interessiren, sind sehr mannichfaltige; ich werde mich darauf beschränken, nur in grossen Zügen das Wissenswertheste festzustellen. Es wird dann noch mannichfacher Detailarbeit bedürfen, um alle Einzelfälle, die das tägliche Leben uns vor Augen führt, weiter zu studiren und in ihren ursächlichen Beziehungen aufzuklären. In erster Linie bietet für das Verständnis des Wertes der Bekleidung die Temperaturtopographie unserer Körperoberfläche wichtige Anhaltspunkte; wir wollen daher auch die diese Frage betreffenden Untersuchungsergebnisse in den Vordergrund stellen.

Betrachtet man unseren Körper als wärmeabgebende Fläche, so sind dabei offenbar drei verschiedene Regionen: die nackte, behaarte und bekleidete Region, zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Wärmeabgabe beansprucht die bekleidete Region die grösste Bedeutung; in zweiter Linie wäre die nackte und in dritter Linie die behaarte Region zu stellen; zu dieser Reihenfolge gelangt man wenigstens, wenn man die Grösse der wärmeabgebenden Flächen in Betracht zieht.

Am meisten hat man sich bisher mit den nackten oder zum Zwecke des Versuches entblössten Hautstellen beschäftigt, und bei Gesunden wie Kranken, bei natürlichen Verhältnissen und bei therapeutischen Eingriffen Messungen gemacht, und gemeiniglich huldigt man der Anschauung, dass diese Temperaturen sehr variabel seien. Es ist ein wesentliches Verdienst von Kunkel[1]), dass er in einer mühevollen Arbeit die Frage der Hauttemperatur neu aufgegriffen und beleuchtet hat. Von

1) a. a. O.

einer regellosen Schwankung der Hauttemperatur kann man jedenfalls nicht mehr sprechen, wenn auch einzelne Theile der Haut je nach ihrer anatomischen Unterlage Differenzen aufzuweisen pflegen, wie Kunkel näher darlegte.

Auf die Temperaturmessungen Kunkel's über die Hautwärme unterhalb der Kleidung werde ich späterhin mehrfach zurückkommen. Bei allen Experimenten habe ich Bedacht genommen, dass die Versuchspersonen sich sehr lange den zu studierenden Versuchsbedingungen aussetzten. Dies war manchmal eine recht unangenehme Aufgabe; sollten z. B. die Einwirkungen niederer oder hoher Temperaturen geprobt werden, so blieben wir nicht nur stundenlang, sondern fast den ganzen Tag über in den Zimmern, in welchen experimentirt werden sollte.

Als allgemeines Ergebnis mag vorausgeschickt werden, dass die Temperatur unbedeckter Theile weit labiler ist, als die der bedeckten Theile, und dass Kopf und Hände, wegen ihrer an manchen Stellen recht günstigen Verhältnisse für die Wärmeabgabe, grössere Differenzen benachbarter Hautstellen, als dies sonst am Körper der Fall zu sein pflegt, zeigen.

Belässt man den Menschen unter recht gleichmässigen Bedingungen, so sind selbst die Hauttemperaturen des Gesichtes im Laufe des Tages wenig schwankend. Um an einem Beispiel dies zu erläutern, mag ein Versuch angeführt sein, den Dr. Reichenbach an sich durchführte. Die Versuchsperson verblieb den Tag über im Institut, die Essenszeit nach 1 Uhr ausgenommen, und beschäftigte sich mit wissenschaftlichen Arbeiten. Die Lufttemperatur war 14° C. In den Morgenstunden stieg die Gesichtstemperatur an; die niederen Anfangstemperaturen waren eine Folge des Aufenthaltes im Freien. Alle geschützten Theile werden merklich wärmer, nur die exponirteste Stelle, die Nasenspitze, erreichte keinen Zuwachs. Auch in der Zeit von 12 bis 1 Uhr ist bei den Augenwinkeln und Augenlidern noch ein geringer Zuwachs zu verzeichnen. Der Aufenthalt im Freien nach Tisch drückt die Temperatur wieder etwas herab, dann steigt sie wieder, um alsbald sich bis zu Ende des Versuches mit grosser Regelmässigkeit zu halten.

Tabelle I.

Zimmertemperatur 14,0° C.

	Stirne r.	Stirne l.	Nasen- Wurzel	Nasen- Spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
Morgens 10 h 20 M. bis 11 h 40 M.	25,6	25,6	26,4	25,8	28,4	28,6	28,1	28,4
	26,1	26,1	26,9	28,8	28,9	29,1	29,9	29,9
	27,4	27,6	28,1	25,6	29,4	29,6	29,6	30,1
	28,9	28,9	27,9	24,6	30,1	30,4	30,1	30,1
Mittags 12 h	28,9	28,9	28,1	24,8	28,9	29,1	29,9	30,4
	28,6	28,6	28,1	24,8	29,4	29,4	29,9	30,9
	28,9	28,9	28,1	24,8	29,6	29,6	30,4	30,4
Mittags 1 h	28,1	28,1	27,9	25,3	28,6	29,1	29,9	30,4
	28,9	29,1	29,4	25,3	30,1	30,1	30,6	30,1
Nachmittags 2 h	26,6	26,6	27,4	25,8	29,1	29,1	29,9	29,6
Nachmittags 3 h	28,4	28,6	28,1	26,6	30,4	30,6	31,1	31,1
Nachmittags 4 h	28,6	28,6	29,1	27,6	30,1	30,1	30,4	30,9
	28,9	29,1	29,6	26,1	30,6	30,6	31,1	31,4
Nachmittags 5 h	28,9	28,6	29,1	27,6	29,6	29,4	30,6	30,1
	28,7	29,2	28,7	27,6	30,7	31,0	31,2	32,0
	29,5	30,0	29,5	27,8	30,7	30,7	31,2	31,7
Abends 6 h	28,2	28,5	28,2	—	28,7	29,5	30,0	30,2
	28,5	28,7	28,7	26,2	29,5	30,0	30,0	30,5
	28,5	29,0	29,0	27,7	30,2	30,7	30,7	31,2

Im allgemeinen sind die Hauttemperaturen des Gesichts niedriger, was als eine Folge der langen Einwirkung der kühlen Temperatur erscheint.

Die Differenzen zwischen einzelnen Hautpartien kommen in nachfolgender Zusammenstellung deutlichst zum Ausdruck. (Siehe Tabelle II auf S. 22.)

Bei 12° C. waren bei der Versuchsperson N. die Nase sehr niedrig temperirt, Spitze, Wurzel, die Flügel kühl, die übrigen Theile weit wärmer. Das Gefühl der Kälte war deutlich vorhanden. Die fettreichere zweite Person hatte eine weit geringere Differenz der einzelnen Stellen. — Solche Differenzen sind aber nicht regellos, sondern kehren unter gleichen Bedingungen wieder.

Um eine Mitteltemperatur zu erhalten, habe ich die einzelnen Messungen zusammengelegt; das Mittel ist für das magere Individuum niedriger als für das beleibtere.[1])

Tabelle II.

Temperatur einiger nackter Körperstellen bei 12° C.

(Mittelwerthe.)

	Person N.	Person R.
Nasenwurzel	26,3	29,0
Augendeckel	28,7	30,0
Nasenspitze	22,9	29,3
Wangen	28,2	26,3
Kinn	27,6	27,9
Hals	29,9	29,3
Nasenflügel	26,3	29,7
Gesammtmittel	27,2	28,8

Die Kleidertemperatur ist unter allen Umständen bei mittleren Lufttemperaturen niedriger als die Temperatur der nackten Stellen; die Temperaturen schwanken, man möchte sagen, von Falte zu Falte, und doch sind die Differenzen im Ganzen nicht gross; die Abweichungen der Minima und Maxima erscheinen namentlich bei niederen Temperaturen kleiner als auf der Haut. Es ist also wohl berechtigt, wenn man die Messungen mehrerer Einzelpartien zu einem Mittelwerthe für die »Kleidung« vereinigt, umsomehr als die Abweichungen vom Mittel an den verschiedenen Stellen bei verschiedenen Messungen dieselben zu bleiben pflegen.

Ein übersichtliches Bild gibt folgende Tabelle, welche den Mittelwerth aus 30 Einzeluntersuchungen verschiedener Tage zusammengestellt enthält.

1) Welche Punkte sich für die Erhaltung einer Mitteltemperatur am besten eignen, wurde besonders festgestellt, indem wir des öfteren recht viele Stellen ausmaassen und mit diesem Gesammtmittel unsere Zahlen verglichen.

Tabelle III.

Temperaturen der Kleidung verschiedener Körperpartien bei 15,4° C.

Thorax-Gegend	21,0
Abdomen-Gegend	20,4
Schulter-Gegend	21,8
Oberschenkel	21,4
Oberarm	21,1
Unterarm	21,0
Fuss	22,1

Am wärmsten war das Oberleder des Fusses mit 22,1°, die übrigen Werthe differiren in maximo um nicht mehr als 1,4° C. Die Durchwärmung des Schuhwerks ist leicht erklärlich; dasselbe liegt dem Fusse eng an, die Luft der Schuhe ist mit Wasserdampf gesättigt, das Leder feucht und dann ein guter Wärmeleiter.

Auch wenn man andere Fixpunkte der Kleidung zur Messung wählt, kommt man nicht zu differenteren Resultaten. Um Mittelwerthe zu erhalten, erscheint es nicht nöthig, eine sehr grosse Anzahl einzelner Stellen der Kleidung zu messen, sondern es genügen für die vorliegenden Fragen einige mit Sorgfalt ausgeführte Messungen. Ich habe als solche Messpunkte die Herzgegend, Lebergegend, Schulterblatt, Mitte des Ober- und Unterarmes, Oberschenkel und Fussspan gewählt und durchgehends festgehalten.

Schwieriger als mit der Messung nackter und bekleideter Theile ist es mit den Messungen an behaarten Stellen gelagert. Wenn es sich um lockeres Haar oder den Bart handelt, so ist die wirkliche Messung einer Aussentemperatur unmöglich, weil die lockeren Haare ganz die Temperatur der Umgebung angenommen haben. Liegen die Haupthaare glatt an wie bei meinen Versuchspersonen, so ist die Sache wesentlich einfacher gelagert und die Messung sicherer.

Die Messung hat glücklicher Weise keine grosse praktische Bedeutung, weil die behaarten Theile nur einen sehr kleinen Bruchtheil der Gesammtoberfläche ausmachen, und weil durch

Messungen der Ausstrahlung und durch den Vergleich des Stoffwechsels eines enthaarten und nicht enthaarten Thieres, den ich durchgeführt habe, das Maass des auf die behaarten Stellen treffenden Wärmeverlustes ausreichend geschätzt werden kann.[1])

Für die in der Tiefe zwischen den Haaren sich findenden Temperaturen hat Collin bei Hausthieren Messungen mittels kleiner Thermometer ausgeführt, und will beim Pferd bei 0° 34 bis 35°, bis 4 bis 5° unter Null 31 bis 32° gemessen haben. Bei Schafen kann man nach Davy 38 bis 39° zwischen der Wolle beobachten.

Anwendung für den Menschen haben die Versuche aber nicht, da zweifellos die gemessenen Temperaturen mehr die Hauttemperatur, als die der Haare repräsentiren.

Nachfolgende Tabelle gibt einen kurzen Ueberblick über einige Messungen der haarbedeckten Stellen bei 12° C. Lufttemperatur. Kopfhaar und Bart waren etwas höher temperirt, als das Gesammtmittel der bekleideten Theile beträgt.

Tabelle IV.
Temperaturen behaarter Stellen (Person R.) bei 12° C.

Stirne (nackt, nahe der Haargrenze)	28,4
Kopfhaar	21,4
Bart	20,6
Gesammtmittel des Gesichts	28,8
Gesammtmittel der bekleideten Theile	19,4

Das allgemeine Bild, welches wir über die Temperaturen unserer Körperoberfläche entworfen haben, zeigt uns drei ungleich erwärmte Zonen: die Kleidungsoberfläche, die Oberfläche behaarter Theile und die der nackten Stellen. Am wärmsten ist die nackte Haut, am kühlsten die Kleidung; die Haarbedeckung steht zwischen der Haut und Kleidung, der letzteren nahe.

Das Gesammtmittel der bei 12° C. Lufttemperatur ausgeführten Messungen war folgendes:

1. nackte Stellen 28,8° C.,
2. behaarte Stellen 20,0 bis 21,4° C.,
3. die Bekleidung 19,4° C.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 365.

So verhält es sich also, wenn eine Person mit mässigem Fettpolster und leicht bekleidet lange Zeit in einem zu dauerndem Aufenthalte etwas zu kühlen Raume verweilt.

Die Oberflächentemperatur unseres Körpers darf man nicht als etwas constantes, d. h. unter allen Umständen gleichbleibendes betrachten. In erster Linie müssen wir festhalten, dass zwei fundamental wichtige Einflüsse auf der Oberflächentemperatur bestehen müssen:

1. Aenderungen derselben mit der Variation der Wärmeerzeugung im Organismus,

2. Aenderungen, welche durch Schwankungen der die Wärmeabgabe beeinflussenden Bedingungen der Aussenwelt hervorgerufen werden.

Die Oberflächentemperatur kann einheitliche Resultate also immer nur dann geben, wenn gewisse Versuchsbedingungen eingehalten werden. Ueber die Einflüsse, welche die beiden fundamentalen Factoren auf die Oberflächentemperatur ausüben, ist zur Zeit nichts bekannt, nichts destoweniger müssen wir die Experimente so einrichten, dass sie den aus der Theorie der Wärmeregulation abgeleiteten Folgerungen entsprechen. Was den ersten Factor — die Aenderung der Wärmeproduction — anlangt, so tritt derselbe bei überreichlilher Kostzufuhr und bei mechanischer Arbeitsleistung zu Tage. Arbeitsleistungen erhöhen die Hauttemperatur über den Muskeln, die stärkeren Leistungen können einen solchen Wärmeüberschuss, dass alle Hilfsmittel der physikalischen Regulation herangezogen werden müssen, erzeugen, die Hände werden heiss, das Gesicht ist stark injicirt, es muss daher auch die Kleidung an dieser Ueberwärmung Theil nehmen.

Unter den äusseren, auf die Wärmeabgabe einwirkenden Bedingungen sind die Schwankungen der Lufttemperatur, der Bestrahlung, der Feuchtigkeit und Luftbewegung in erster Linie zu nennen. Diese einzelnen, die Oberflächentemperatur ändernden Bedingungen müssen, selbstredend jede für sich, näher geprüft und studirt werden.

Am bedeutendsten und in quantitativer Hinsicht wichtig ist jedenfalls der Einfluss der Schwankungen der äusseren Temperatur; über Arbeitsleistung, Feuchtigkeit und Luftbewegung soll in weiteren Untersuchungen berichtet werden. Ich habe eine grössere Anzahl von Experimenten über die Rückwirkungen der Variationen der Lufttemperatur auf den Organismus angestellt; die Messungen sind an 3 Versuchspersonen mit leichter Kleidung und immer 3 bis 4 Stunden nach der letzten Mahlzeit ausgeführt worden. Die Zimmerräume wurden, wie schon früher angegeben, nicht verlassen, ehe die Messungen ganz beendigt waren, und auf den richtigen Ausgleich der Temperatur der Kleidung mit der Lufttemperatur der Räume wurde ganz besonders geachtet. Die Messungen sind auch dort, wo von einem Versuche gesprochen wird, immer Mittelzahlen aus vielen am nämlichen Tage wiederholten Experimenten.

Die ersten Versuchsreihen, bei 15° und 26,5° ausgeführt, wurden an zwei in ihrem Ernährungszustande ungleichen Personen, einer sehr fettarmen und einer fettreicheren, angestellt; erstere war etwas leichter bekleidet wie letztere. Nachdem bei 15° die Messungen vorgenommen waren, wurde wenige Tage später das Zimmer von Morgens ab stark geheizt, so dass wir Temperaturen von 26,5° und zeitweise darüber erhielten. Die Personen waren durch einen Ofenschirm und Pappschirm vor directer Bestrahlung geschützt, hielten sich aber behufs Ausgleich der Temperatur längere Zeit vor den Messungen im Zimmer auf. Die Temperatur 26,5 war unbehaglich, und offenbar war die Grenze der Schweissbildung schon erreicht, nur wurde letztere wegen der hohen Lufttrockenheit nicht belästigend. (Siehe Tabelle V auf S. 27.)

Uebersieht man die Zahlen, so findet man bei den beiden Versuchspersonen, wie dies ja nicht anders zu erwarten, gewisse Verschiedenheiten der Temperaturen.

Die fettreichere Person R. hatte an den unbedeckten Stellen immer höhere Temperaturen, wie die fettarme Person. Dieser Unterschied glich sich aber bei 26,5° Lufttemperatur völlig ab.

Tabelle V.

Ort	15°				26,5°	
	Versuchsperson		Versuchsperson		Versuchsperson	
	Rbch.	R.	Rbch.	R.	Rbch.	R.
Nasenwurzel	28,1	29,1	29,2	30,4	33,1	32,7
Augendeckel	30,4	30,6	30,4	32,4	33,8	33,6
Hand	26,5	27,8	28,2	29,2	33,1	32,8
Thorax	21,1	22,3	22,1	24,1	29,6	29,8
Bauch	20,8	21,6	21,4	23,1	29,6	29,8
Schulter	21,6	22,1	22,6	23,9	29,8	30,8
Oberschenkel	22,2	22,9	22,6	24,4	29,1	30,1
Oberarm	21,8	21,3	23,1	24,1	29,1	30,1
Unterarm	22,1	20,9	23,4	24,1	29,8	29,8
Fuss	22,8	24,1	23,1	23,6	29,8	30,0

Die Kleidungstemperaturen zeigen auch das Uebergewicht auf Seiten des fettreicheren Organismus; es ist aber daraus nichts weiter über die Wärmeproduction der beiden Individuen abzuleiten, da vielleicht das Strahlungsvermögen der Kleidungsstoffe beider Versuchspersonen ein ungleiches gewesen sein konnte.

Steigt die Lufttemperatur, so steigt sowohl die Temperatur der nackten Theile, wie auch jene der Kleidung an; diese Zuwächse sind aber für die einzelnen Partien ungleich. Ich möchte hier, wo es sich darum handelt, zum ersten Mal auf diese Beziehungen aufmerksam zu machen, nicht weiter in die Detailbetrachtung eingehen, wir wollen vielmehr die Einzelergebnisse zu den Mittelwerthen zusammenfassen. (Siehe Tabelle VI auf S. 28.)

Es zeigt sich dann:

Wenn die Luft 15° hatte, maassen die Kleider 22,6°, bei 26,5° aber 29,7°; für ein Ansteigen um 11,5° der Lufttemperatur war die Kleidung um 7,1° C. gestiegen.

Die nackten Theile maassen bei 15° 29,3°, und bei 26,5° 33°, ihre Temperatur stieg also nur um 4,3° C.

Mit steigender Lufttemperatur ist also jedenfalls erheblich weniger Wärme durch Leitung und Strahlung abgegeben worden.

Tabelle VI.

Lufttemperatur	Oberfläche der Kleider	Nackte Stellen	Differenz zwischen Luft und Kleideroberfläche	Differenz zwischen den nackten Theilen und Luft	Differenz zwischen Körpertemp. und Luft
15,0°	21,8	28,3			
	22,3	29,2			
	22,6	29,2	+ 7,6	+ 14,3	+ 22,5
	23,7	30,6			
Mittel	22,6	29,3			
26,5°	29,5	33,3			
	30,0	32,8	+ 3,2	+ 6,5	+ 11,0
Mittel	29,7	33,0			

Bei 15° ist die Bluttemperatur um 22,5° höher als die Luft; die nackten Hautstellen verlieren Wärme gemäss der Temperaturdifferenz von 14,3°, die bekleideten entsprechend der Differenz von 7,6; bei hoher Temperatur verringern sich die Differenzen auf 3,2 bezw. 6,5.

Der Wärmeverlust der bekleideten Theile ist mit Zunahme der Temperatur von 11,5° um 58,9% für Strahlung und Leitung gefallen.

Diese Ergebnisse bestätigen also unsere Anschauungen über die Wärmeregulation in durchaus zufriedenstellender Weise. Die Wärmeverluste werden für zwei sehr wesentliche Wege der Wärmeabgabe mit steigender Temperatur erheblich gehindert; wenn die Mittel, durch welche man die Wärmeproduction einzuschränken vermag, wie zu vermuthen ist, erschöpft waren, so musste auf anderen Wegen, d. h. durch Wasserverdunstung, ein neuer Wärmeverlust geschaffen werden.

Um diese wichtige Thatsache über die Wandelbarkeit der Temperatur unserer äusseren Körperoberfläche nochmals zu constatiren, habe ich die Versuchsreihen an den Personen R. und N. für kleinere Temperaturintervalle wiederholt.

Die Versuchsperson N. trug Lahmann'sche Unterkleidung, darüber die übliche Frühjahrskleidung (April 1891); R. wollene

Unterkleidung, darüber Leinenhemd und einen mittelstarken Anzug. Im ganzen genommen war die Kleidung von R. etwas dicker wie jene von N.

Die Versuche bei 10° waren unangenehm und die Kälte deutlich fühlbar, die Kleider also nicht geeignet, zureichenden Wärmeschutz zu bieten. Auch bei 15° erschien es uns bei ruhigem Sitzen noch zu kalt; bei 17,5° dagegen hatte man den Eindruck, eben ausreichend bekleidet zu sein.

25,6° war für R. zu warm, denn es zeigte sich beim Auf- und Abgehen leichter Schweissausbruch, während bei N. davon nichts wahrzunehmen war.

Die Ergebnisse der Messungen sind in nachstehenden Tabellen verzeichnet und zur Generaltabelle combinirt. (Siehe folgende, sowie Tabelle VIII, IX und X auf S. 30 und 31.)

Tabelle VII.

Zimmertemperatur 10,0° C.

Ort	Versuchsperson	
	N.	R.
Nasenwurzel	25,9	29,5
Augendeckel	30,3	31,1
Hand	28,0	28,8
Thorax	19,8	19,5
Bauch	18,8	18,2
Schultern	19,5	19,8
Oberschenkel	20,1	19,3
Oberarm	18,8	20,8
Unterarm	19,8	19,3
Fuss	18,2	20,3
Haut	32,4	32,1

Die Ergebnisse lehren, dass mit steigender Lufttemperatur die Differenz zwischen dieser und der Kleidungsoberfläche abnimmt, aber nicht in dem gleichen Maasse, wie die Lufttemperatur selbst steigt; die Abnahme der Differenz zwischen Luft- und Oberflächentemperatur erfolgt langsam, weil mit steigender Lufttemperatur auch die Kleidung dauernd wärmer wird, wodurch sich der Wärmeabfluss günstiger gestaltet. Die Triebkraft

für den Abstrom der Wärme für Strahlung und Leitung macht bei 10° noch 9,3° C. aus, bei 15° bis 17,5° aber nur mehr 5,4° bis 6°, und bei 25,6° waren die Versuchspersonen bei der gewählten Kleidung nahe an die Grenze gerückt, wo Strahlung und Leitung auf ein Minimum herabgedrückt sind und infolgedessen eine sehr unangenehme Störung vorliegt. Vermuthlich eröffnet der allmählich ausbrechende Schweiss durch die Befeuchtung der Kleidung und das Ansteigen der Hauttemperatur dem Wärmeabfluss neue Wege, doch habe ich keine Veranlassung genommen, die Versuche über die Temperaturgrenze von 26° auszudehnen.

Tabelle VIII.
Zimmertemperatur 14,4—14,6, 15,4° C.

Ort	Versuchsperson		
	N.	R.	R.
Nasenwurzel	26,7	28,9	28,9
Augendeckel	30,6	30,9	30,9
Hand	27,0	28,9	29,7
Thorax	19,3	19,8	22,9
Bauch	18,5	18,8	22,1
Schulter	19,9	19,3	22,6
Oberschenkel	20,2	19,9	22,9
Oberarm	19,9	20,2	22,3
Unterarm	19,9	19,1	22,1
Fuss	18,8	22,1	24,2
Haut	31,1	31,7	31,9

Die Temperaturdifferenz zwischen den nackten Theilen und der Luft verhält sich etwas anders wie die der Luft zur Kleidung. Die Hauttemperatur der nackten Theile nimmt mit steigender Luftwärme zwar zu, für das Intervall 10° bis 25,6° um rund 2,7° C. Die für den Wärmeaustausch wichtigen Temperaturdifferenzen erscheinen aber für die nackte Haut bei 25,6° immerhin noch günstig.

Bei 10° C. beträgt der Unterschied von Kleideroberfläche und Luft 9,3°, für die nackte Haut und Luft 19,3°; letzterer ist etwas über doppelt so gross. Bei 25,6° war in unserem Versuch das Verhältnis zu Gunsten erhöhter Wärmeabgabe von der Haut

geändert, was etwas von der ersten früher mitgetheilten Versuchsreihe abweicht. Mit steigender Lufttemperatur nimmt der Werth unbekleideter Hautstellen für die Wärmeabgabe zu.

Tabelle IX.

Ort	Zimmertemperat. 25,6° Versuchsperson N.	Zimmertemperat. 25,6° Versuchsperson R.	Zimmertemperat. 17,5° Versuchsperson N.	Zimmertemperat. 17,5° Versuchsperson R.
Nasenwurzel	31,0	31,3	29,3	29,6
Augendeckel	32,0	33,1	30,8	30,8
Hand	31,0	32,0	29,7	30,0
Thorax	26,4	27,7	23,1	22,4
Bauch	26,4	27,4	22,4	21,9
Schulterblatt	27,2	27,8	23,1	21,9
Oberschenkel	26,6	27,7	23,6	23,4
Oberarm	26,6	27,8	22,4	23,1
Unterarm	26,9	28,3	23,4	22,4
Fuss	24,7	28,3	21,2	26,6
Haut	33,0	33,0	32,0	30,8

Generaltabelle (Tabelle X).

Lufttemp.	Oberfläche der Kleider	Nackte Stellen	Haut	Differenz zwischen Luft und Kleideroberfläche	Differenz zwischen d. nackten Theilen und Luft	Differenz zwischen der Bluttemperatur und Luft	Differenz zwischen Hauttemp. u. Kleideroberfläche
10,0°	19,4	29,8	32,1				
	19,2	28,1	32,4	+ 9,3	+ 19,0	27,5	12,9
Mittel	19,3	29,0	32,2				
15,0°	19,8	29,6	32,4				
	19,5	28,1	31,6				
	22,7	29,8	31,9	+ 6,0	+ 14,2	+ 22,5	11,0
Mittel	21,0	29,2	32,0				
17,5°	23,1	30,1	31,6				
	22,7	29,9	32,4	+ 5,4	+ 12,5	+ 20,0	9,1
Mittel	22,9	30,0	32,0				
25,6°	27,8	32,1	33,0				
	26,4	31,3	33,0	+ 1,5	+ 6,1	+ 11,9	5,9
Mittel	27,1	31,7	33,0				

Die Menge der durch die Kleidung wandernden Wärme hängt unter vergleichbaren Verhältnissen von den an den beiden Begrenzungsflächen (Innen- und Aussenseite) gegebenen Temperaturen ab. Diese waren bei 10° um 12,9°, bei 15° um 11°, bei 17,5° um 9,1° und bei 25,6° um 5,9° C. verschieden.

Mit zunehmender Lufttemperatur fällt die Differenz zwischen Luft- und Kleidungstemperatur regelmässig. Setzt man die letztgenannte Differenz für 10° = 100 und bildet die relativen Zahlen, so fallen die Werthe wie folgt:

Temperaturzuwachs	Relative Werthe Zu- oder Abnahme der Differenzen	Pro 1° Temperaturzunahme
—	100	
5,0° C.	64,5 (— 35,5)	7,06
7,5° »	58,0 (— 42,0)	5,60
15,6° »	10,7 (— 89,3)	5,70

Rumpel hat den bekleideten menschlichen Arm bei verschiedenen Temperaturen auf seine Wärmeabgabe untersucht; aus seinen Zahlen berechne ich für ein Steigen der Temperatur von 6,6° bis 27,6° für einen Grad Temperaturzuwachs:

4,8 % Verminderung der Wärmeabgabe,
3,0 » » » »
3,3 » » » »
2,6 » » » »

Die Wärmeabgabe des Armes fällt also in ähnlicher Weise, wie die Temperaturen absinken; eine weitere Analogie kann man bei dieser Berechnungsart nicht erwarten.

Beziehung zwischen Dicke der Kleidung und Oberflächentemperatur.

In den bisher mitgetheilten Versuchen haben wir die Kleidung bei den Versuchspersonen, wie dieselben es wünschten, belassen; nur durfte an der einmal gewählten Bekleidungsweise nichts weiter mehr geändert werden. Es war daher in weiterer Verfolgung unserer Aufgabe nothwendig, den Einfluss der Bekleidungsweise noch besonders durch Messungen zu prüfen.

Die Oberflächentemperaturen unserer Kleidung hängen wesentlich von ihrer Dicke ab; indem wir die Kleidungsstücke vermehren, oder durch dickere Stoffe ersetzen, vermindern wir unsere Aussentemperatur. Diese Veränderungen, welche wir erzeugen, lassen sich mittels der Temperaturmessungen verfolgen und beurtheilen.

Bei 12° Lufttemperatur habe ich vier Röcke verschiedener Dicke von einem Manne anlegen lassen: eine dünne baumwollene Turnerjacke, einen dünnen, leicht gefütterten Orleansrock, einen glatten Tuchrock und einen etwas stärkeren Rock.

Die Oberflächentemperatur an den Röcken war:

bei der Turnerjacke	20,6°
dem Rock aus Orleansstoff	19,4°
dem glatten Tuchrock . .	18,7°
einem dicken Rock . . .	18,4°.

Die Differenzen zwischen Luft und Rock also:

bei 1	8,4	bei 3	6,7
» 2	7,4	» 4	6,4.

Gemessen wurde in längeren Zwischenpausen, damit ein Wärmeausgleich eintreten konnte.

Eine andere Person, welche mit einem Baumwolltrikot, Weste und Rock am Rumpf bekleidet war, legte diese Kleidungsstücke eines nach dem andern ab; jedesmal wurde bis zum Ausgleich der Temperaturen gewartet. Der Versuch wurde anschliessend so weiter geführt, dass die Kleidungsstücke allmählich wieder angezogen wurden. Das ungeheizte Zimmer hatte 12°. Die Temperaturen theile ich für die Haut, Rumpf und Arm gesondert mit.

Ablegen der Kleidung.

	Hauttemperatur unter der Kleidung	Rumpf	Arm
Normale Bekleidung . . .	31,1	18,3	18,3
Rock abgelegt.	30,8	21,9	23,0
Weste abgelegt	30,3	23,8	23,3
Hemd abgelegt (nackt). . .	27,9	27,9	27,6

Hauttemperatur des Gesichtes 27,3.

Anlegen der Kleidung.

	Hauttemperatur unter der Kleidung	Rumpf	Arm
Nackt.	27,9	27,9	27,6
Hemd angezogen	29,5	22,7	23,0
Weste angezogen	30,3	18,3	22,2
Rock angezogen	31,1	17,5	18,3

Bei einer anderen Versuchsperson, welche, mit Jägerhemd, Leinenhemd, Weste und Rock bekleidet, sich in einem Raum von 19,8° aufhielt, ergaben vier Versuchsreihen im Mittel:

Voll bekleidet	19,4
Rock abgelegt	22,9
Weste abgelegt	24,8
Leinenhemd abgelegt . .	28,5
Wollhemd abgelegt (nackt)	31,8.

Bei derselben Versuchsperson an einem sehr kalten Tage:

Voll bekleidet	17,2
Rock abgelegt	20,6
Weste abgelegt	21,8[1]
Leinenhemd abgelegt . .	25,1[2]
Wollhemd abgelegt (nackt)	29,2.[3]

Aus diesen Zahlen folgt, dass wir es in der Hand haben, beliebig unsere Wärmeabgabe zu variiren, und dass eine theilbare, aus mehreren Gewändern bestehende Kleidung, über die man manchen Spott hat ergehen lassen, eine sehr zweckmässige Einrichtung ist. Die Erhaltung der Eigenwärme eines Warmblüters erfolgt durch sinnreiche Regulationsmechanismen automatisch. So lange die Wärmeproduction den abkühlenden Verhältnissen eben angemessen ist, durch die chemische Wärmeregulation; wenn aber aus inneren Gründen im Organismus keine weitere Reduction der Zersetzungsvorgänge mehr erfolgen kann, durch physikalische Aenderungen betreffs der Wärme-

1) Starkes Kältegefühl, Stirnhaut 28,6°.
2) Frieren an Ellenbogen und Händen.
3) Intensives Frostgefühl am Rücken, Ellenbogen, Händen und Stirne (28,6°).

abgabe. Auch im Menschen walten dieselben Regulationsvorrichtungen und erhalten, ihm unbewusst, die gleiche Höhe der Bluttemperatur. Er hat aber eine recht wesentliche Einrichtung vor den Thieren voraus, nämlich die willkürliche Wärmeregulation durch die Bekleidung, die es ihm auch ermöglicht, allen Klimaten sich anzupassen. Wir haben es ganz in der Hand, uns beliebig auf eine bestimmte Grösse der Wärmeabgabe, welche vielfach die Gewohnheit bestimmt, einzurichten. Im allgemeinen kann man auf Grund der Beobachtungen über die Hauttemperaturen und aus anderen Experimenten ableiten, dass wir von der Bekleidung insoweit Gebrauch machen, als nothwendig ist, um uns der Grenze der chemischen Wärmeregulation zu entziehen. Und diese Tendenz, die wir meist instinctiv verfolgen, ist ein Zeichen einer höheren Cultur und eine rationelle Einrichtung. In allen Lebenslagen verfolgen wir das Ziel, unsere Umgebung bzw. deren Einflüsse auf unseren Körper möglichst gleichmässig zu gestalten. Wechselnde Luftbewegung, wechselnde Feuchtigkeit, wechselndes Licht und Wärme, allen diesen Einflüssen gegenüber könnte sich ein Gesunder immer wieder anpassen, aber wir empfinden jede allzugrosse Beeinflussung von Aussen unangenehm. Wir wollen nicht unbestimmten äusseren Factoren regellos unterworfen sein, sondern nach unseren Wünschen frei in der Benutzung unserer Körperkräfte sein und unseren Culturaufgaben leben. In das Gebiet dieser Bestrebungen gehört auch die selbstbestimmte Regulation unserer Wärme und die Haltung unserer Hautoberfläche auf hohen Temperaturen. Ich habe mich bereits anderen Orts eingehend über diese Dinge geäussert, so dass ich von weiterer Besprechung dieser Fragen hier absehen und auf die erwähnte, bereits erfolgte Publikation verweisen kann.

Die willkürliche Wärmeregulation durch die Bekleidung steht an Feinheit der Abstufung der natürlichen Wärmeregulation nicht nach, wenn die betreffende Persönlichkeit mit einem feinen Beobachtungsvermögen ausgerüstet ist; wir vermögen mit einzelnen Kleidungsstücken Temperaturunterschiede um 0,4° bis 0,7° herbeizuführen.

Für sehr niedere Temperaturen habe ich eingehende Messungen über das Verhalten der Kleidung nicht angestellt; nur sah ich gelegentlich bei —15°, dass sich auch hierbei der Wärmeüberschuss bei Pelzbekleidung gegenüber der Lufttemperatur deutlich nachweisen lässt.

Das Temperaturverhältnis bekleideter und unbekleideter Stellen und über den Grenzwerth der Hauttemperatur.

In sehr eingehender Weise hat sich Kunkel mit den Temperaturverhältnissen[1]) der Haut unter der Kleidung und der Gesichtshaut beschäftigt. Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende: Das Gesicht folgt im allgemeinen der Temperatur der bedeckten Theile und ist ebenso warm (vielleicht noch etwas wärmer) als die bedeckte Haut. Bei längerem Aufenthalt in Luft von niedriger Temperatur sinkt die Hauttemperatur gleichmässig über die ganze Oberfläche. Aber bei Einwirkung von Kälte kann die Temperatur doch in dem Sinne geändert werden, dass Ungleichheiten zwischen nackten und bedeckten Stellen auftreten.

Nach einem Aufenthalt bei 0° im Freien war das Gesicht auf 28,2°, der Bauch auf 32,2° abgesunken; ähnliche Unterschiede werden mehrfach angeführt. Bei einstündigem Aufenthalt in einer Stube von 12° hatte das Gesicht 33,1° bis 33,4°, der Bauch 33,8°; bei einigen 20° C. waren die Temperaturen 34,2° bzw. 35,0°.

Von diesen Ergebnissen weichen unsere Zahlen anscheinend etwas ab. Hierfür liegen aber mehrere Gründe vor; es wird sich nach Erwägung dieser wohl eine ausreichende Uebereinstimmung mit Kunkel ergeben.

Ich habe nur zwischen Temperaturen bedeckter und unbedeckter Stellen getrennt, während Kunkel den bedeckten Hautstellen die Gesichtstemperatur gegenüberstellt. Im allgemeinen habe ich bei meinen Versuchen die Kälte ausserordentlich lange einwirken lassen. Unzweifelhaft bestehen aber bei einzelnen Individuen typische Verschiedenheiten in der Wärmevertheilung, welche vermuthlich von dem Ernährungszustande abhängig sind.

1) a. a. O.

Was also unsere Ergebnisse anlangt, so fanden wir die Mitteltemperatur unbedeckter Hautstellen immer niedriger als die bedeckte Haut. Am stärksten wirkte das Auflegen des ersten Bekleidungsstückes wärmend auf die Haut; sei dies auch noch so dünn, so wird man unter seinem Einfluss die Temperatur in die Höhe gehen sehen. Umgekehrt tritt beim Ablegen des letzten Kleidungsstückes ein förmlicher Sturz der Hauttemperatur ein. Mit der reichlicheren Bekleidung (innerhalb gewisser Grenzen) bleibt bei mittleren Lufttemperaturen die Hauttemperatur constant. Bei intensiver Kältewirkung fällt aber mit dem Ablegen von Kleidungsstücken auch die Hauttemperatur der bedeckten Stellen. Ich habe bei den drei Versuchspersonen in dieser Richtung Differenzen nicht nachweisen können.

In Folgendem mögen einige Zahlenangaben über die genannten Beziehungen Raum finden; zunächst zwei Versuche über den Einfluss des Ablegens einzelner Kleidungsstücke auf die Temperatur der darunter liegenden Haut.

Bei einer Zimmertemperatur von 16,5° hatte die Versuchsperson R. nackt 30,1° Hauttemperatur;

als ein Hemd angezogen wurde	32,4°
darüber ein Wollhemd . . .	32,3°
die Weste	32,6°
den Rock	32,3°.

Bei kühlerer Temperatur von 12° liess sich aber bei Person N. deutlich beim Ablegen der Kleidungsstücke ein Sinken, beim Anlegen allmähliches Steigen der Temperatur beobachten.

	Hauttemperatur Ablegen der Kleidung	Hauttemperatur Anlegen der Kleidung
Rock, Weste, Hemd	31,1°	31,1°
Weste, Hemd . . .	30,8°	30,3°
Hemd	30,3°	29,5°
nackt	27,9°	27,9°.

Es wurde bei jeder einzelnen Falte mehrfach gemessen, damit der Gleichgewichtszustand für die neue Art der Bekleidung eintreten konnte.

Aus den Temperaturmessungen der Körperoberfläche bei schwankender Lufttemperatur geht hervor, dass ein einheitliches Verhältnis zwischen der Temperatur bedeckter und unbedeckter Hautstellen nicht besteht, wenn auch die Temperatur der bedeckten Haut ganz dieselbe bleibt.

Die bedeckten Stellen maassen bei 10° 32,2°, 15° 32,0°, 17,5° 32,0°, 25,6° 33,0°.

Die Hauttemperatur bedeckter Stellen hält sich also innerhalb weiter Grenzen bei Wärmeentziehungen auf der gleichen Höhe, und nur bei Ueberschreitung gewisser noch näher zu definirender Grenzen tritt Abfall oder Steigen ein.

Die Hauttemperatur nackter Stellen schwankt mit der Temperatur auf und ab; sie hatte bei 10° 29,0°, 15° 29,2°, 17,5° 30,0°, 25,6° 31,7°.

Die Schwankungen sind zwar nicht sehr grosse, immerhin aber doch bemerkenswerthe. Daraus folgt, dass innerhalb der Temperaturen von 10 bis 25,6° die Temperaturen nackter Hautstellen mit sinkender Wärme wachsende Temperaturdifferenzen gegenüber bedeckten Stellen aufweisen.

Ich will noch anfügen, dass ich an mir an 9 Tagen bei absoluter Ruhe in einem auf 24 bis 27° C. geheizten Zimmer, normal bekleidet, die Hauttemperatur zu 34,1° fand; bei 18° maass ich schon über 32° C.

Kunkel[1]) ist der Meinung, dass sich eine bestimmte Hauttemperatur als Behaglichkeitsgrenze nennen lasse. Ich will mich zunächst auf den Standpunkt stellen, dass es sich so verhalten müsse. Kunkel glaubt für die von ihm untersuchte Versuchsperson behaupten zu dürfen, »dass auf grösseren Partien der gewöhnlich bedeckt getragenen Körperoberfläche die Temperatur nicht viel unter 32° gehen darf, ohne dass sehr ausgeprägt das Gefühl des Unbehagens entsteht.« An anderer Stelle macht Kunkel die Abgrenzung noch etwas schärfer; er sagt, »dass, wenn am Rumpf etwas unter 32,5, an den dem Rumpf nächstliegenden Partien unter 31,5 die Hauttemperatur sinkt, das

1) a. a. O., S. 81.

Gefühl des Fröstelns und Unbehagens auftritt. Es ist das noch kein deutliches Frieren, das nicht gut zu ertragen wäre, aber es verfolgt doch schon bei dieser Temperatur eine Reaction, der zu Folge der Körper vor weiterer zu starker Wärmeabgabe sich schützt.« »Fällt etwa unter 29° die Gesichtshaut, dann ist der Zustand der Versuchsperson, wenn auch erträglich, so doch entschieden nicht mehr behaglich.« Diese Sätze gelten zunächst nur für die eine Person, an der Kunkel seine Experimente machte. Da auch mir eine solche Grenzbestimmung des Wohlbefindens in thermischer Hinsicht längst wünschenswerth erschien, habe ich natürlich diesem Umstande auch meine Aufmerksamkeit geschenkt.

Diese Temperaturgrenze wird unmöglich bei allen Personen die gleiche sein können, weil Gewöhnung und Ernährungszustand, vielleicht auch individuelle Verschiedenheiten der Blutgefässe in der Haut u. dergl. einen Einfluss ausüben können; diese theoretischen Bedenken sind aber freilich durch die Experimente erst praktisch zu erweisen.

Nach meiner an drei genauer untersuchten Personen gemachten Erfahrung scheint mir sicher zu stehen, dass Temperaturen unter 32° mit dem Gefühl unbehaglicher Kälte verbunden sein können. Auch dass solche Abkühlungen recht unangenehme Nachwirkungen haben und schaden können, habe ich bei solchen Experimenten an meinem eigenen Körper erfahren. Ich möchte denjenigen, die sich noch immer nicht von der Möglichkeit, durch Abkühlungen den Symptomencomplex der Erkältung auszulösen, haben überzeugen können, dringend zu solchen Versuchen rathen.

Ueber das Gefühl der Kälte entscheidet, das muss ich besonders betonen, nicht die Höhe der Hauttemperatur des Stammes, diese kann sich noch auf 32° und etwas darüber halten und doch schon eine unbehagliche Kühle vorhanden sein. Ich kann aber mit Bestimmtheit sagen, dass das Gefühl einer unangenehmen Wärme dauernd vorhanden war, als die Hautwärme an 33,1° betrug. Für mich persönlich bedeutet eine Hauttemperatur von 34,1° eine stark belästigende, unerträgliche

Wärme. Nach diesen Thatsachen würde, wenn es überhaupt eine scharfe thermometrische Grenze der Behaglichkeit gibt, dieselbe zwischen 32 und 33° und zwar näher an 33 als 32° C. Hauttemperatur des Stammes zu legen sein. Diese Grenzbestimmung deckt sich sehr gut mit dem von Kunkel angegebenen, nur besteht zwischen uns der Unterschied, dass ich der thermometrischen Messung der gegen 32° zu abfallenden Temperatur einen Werth zu einer Grenzbestimmung nicht zugestehen möchte, weil zum Zustandekommen des Kältegefühls in allererster Linie die Temperaturerniedrigung der nackten Hautstellen gehört.

Nach den von mir näher gegebenen Versuchsprotocollen wird die Behaglichkeitsgrenze bei leichter Bekleidung und Ruhe bei 17,5° C. Lufttemperatur erreicht. Der Temperaturunterschied beträgt dabei zwischen der Kleideroberfläche und der Luft 5,4° C.

Die Schichttemperaturen.

Die Wärme dringt aus den Organen allmählich nach Aussen an die Peripherie; würde sie nur darauf angewiesen sein, ausschliesslich auf dem Wege der Wärmeleitung weiterzugehen, so würde man den Körper in einzelne Zonen zerlegen können, welche von den nächstfolgenden durch gewisse Temperaturüberschüsse verschieden sein müssten. Diese Erscheinung eines allmählichen Temperaturabfalls kommt beim Organismus selbst nur in sehr beschränktem Maasse, wegen der beständig die Temperaturen abgleichenden Wirkung des Blutstromes, zum Ausdruck. Kern- und oberflächliche Temperaturen unterscheiden sich in mässigem Grade.

Die Wärme, welche von der Oberfläche aber nach den Kleidern hin wandert, findet unter gewöhnlichen Verhältnissen kein Mittel, welches sie weiter gleichmässig durch den Kleidungsstoff fördert, als die Wärmeleitung. Nur begrenzt sehen wir die Wirkung der Kleiderluft bei Wärmetransport betheiligt.

Die Wärme, welche nach aussen zur Körperoberfläche weggeleitet wird, zeigt, wie in andern Leitern, in denen man sie

studirt hat, ein bestimmtes Gefälle. Die zwischen den einzelnen Kleidungstheilen herrschende Temperatur möchte ich Schichttemperatur zu nennen vorschlagen.

Zu ihrer Bestimmung bringt man das Thermoelement, ohne viel zu rücken und zu ändern, zwischen die einzelnen Schichten und wartet bis zur Temperaturconstanz.

Die Ergebnisse solcher Messungen habe ich schon früher mitgetheilt; es hatten sich folgende Werthe finden lassen:

auf dem Rock	20,4
zwischen Rock und Weste	22,7
» Weste und Leinenhemd .	26,3
» Leinenhemd und Wollhemd	29,8
Wollhemd und Haut . .	32,7

Das Gefälle der Schichttemperatur ist selbstverständlich von der Temperatur der umgebenden Luft abhängig; man kann aber a priori nichts Näheres über diese Beziehungen angeben. Ich habe daher bei zwei Personen bei sehr verschiedenen Lufttemperaturen 10° und 26° die Werthe durch Messung festgestellt.

Tabelle XI.

Ort	Lufttemperat. 10°		Lufttemperat. 26°	
	Versuchsperson		Versuchsperson	
	N.	R.	N.	R.
Auf dem Rock	18,8	21,8	27,1	28,0
Zwischen Rock und Weste . . .	20,0	23,1	27,7	28,8
Zwischen Weste und Leinenhemd	21,8	24,4	28,5	29,3
Zwischen Leinen- und Wollhemd		25,2		29,6
Zwischen Wollhemd und Haut . .	32,7	32,7	32,6	32,1

Daraus folgt: der Temperaturabfall zwischen bedeckter Haut und Kleideroberfläche nimmt mit zunehmendem Sinken der Lufttemperatur wesentlich zu. Während bei hoher Temperatur die entsprechenden Differenzen 4,1 bis 5,5° betrugen, machen dieselben bei 10° 10,9 bis 13,9° C. aus. Die Hauttemperaturen haben sich in beiden Temperaturextremen fast ganz gleich gehalten. Die Person R. hatte bei 26° etwas Schweisssecretion,

unter deren Einfluss wahrscheinlich auch die Hauttemperatur absank. Die Kälte erniedrigt bis tief in die Kleidung hinein die Temperaturen, und ihre Einwirkung trifft in deutlich messbarer Grösse noch die innerste Schicht. Wenn das Gefälle der Temperatur bei niederer Lufttemperatur gross und bei hoher Temperatur klein ist, so sind auch die Temperatursprünge von einer Schicht zur andern bei Kälte grösser als bei Wärme. Am grössten ist stets der Abfall von der direkt der Haut anliegenden

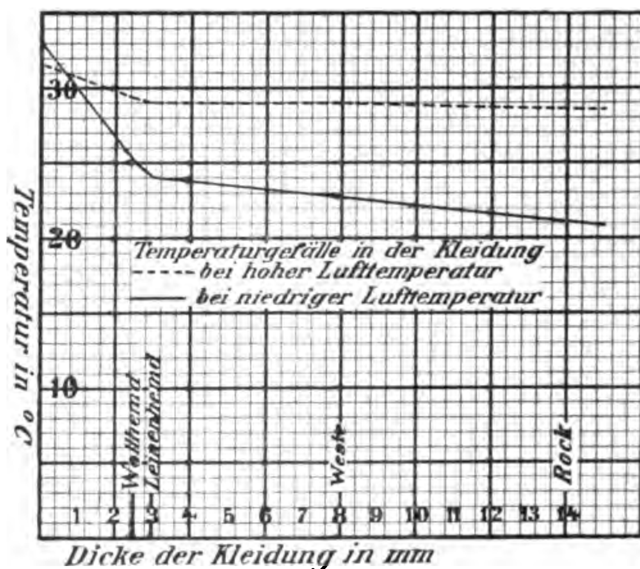


Fig. 1.

Schicht zur nächsten; es erklärt sich das mit den Gesetzen der Wärmeabnahme in Abhängigkeit von der Dicke der Stoffe, die ich andern Orts gegeben habe.

Wir haben schon früher angedeutet, dass neben dem Leitungsvermögen der Kleidungsstoffe noch ein zweiter Factor, die durch Temperaturdifferenzen erregte natürliche Ventilation der Kleidung unter Umständen, d. h. wenn diese Triebkräfte erheblich werden, von Einfluss sein kann. Der ungemein rasche Temperaturabfall bei 10° Lufttemperatur könnte vielleicht in dem genannten Sinne gedeutet werden.

Aehnlich wie auf dem Rumpfe verhält sich auch an den Armen und Beinen der Temperaturabfall, je nach Maassgabe der Kleidung; ich halte es für überflüssig, noch weitere Zahlen darüber beizubringen.

Einen guten Ueberblick erlaubt vorstehende graphische Darstellung des Temperaturgefälles; als Abscissen sind die Kleiderdicken in mm, als Ordinaten der Temperaturen eingetragen.

Ueber die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse und über die sogen. bactericiden Eigenschaften der Milch.

Von

Fritz Basenau,
Assistent am Institute.

Die Milch gehört zu denjenigen Nahrungsmitteln, in welchen erfahrungsgemäss die zur Entwickelung von niederen Organismen nöthigen Stoffe in geeigneter Mischung enthalten sind. Bekanntlich werden daher in jeder in gewöhnlicher Weise gesammelten Milch, besonders in der Handelsmilch[1]), meist reichlich Bacterien gefunden. Aus diesem Grunde richtete sich mit der steigenden Entwickelung der Lehre von den pathogenen Mikroorganismen schon bald die Aufmerksamkeit auch auf die Frage, ob bei gewissen Krankheiten von Frau oder Thier pathogene Keime in die Milch übergingen, und ob diese so das Mittel zur Verbreitung infectionstüchtiger Stoffe werden könnte oder nicht.

Nun war durch die Untersuchungen von Meissner, Robert, Lister u. A. nachgewiesen worden, dass die Milch von gesunden Kühen, in gehöriger Weise gewonnen, keimfrei erhalten werden kann. Dasselbe hatte Escherich[2]) im Jahre 1885 für die Frauenmilch festgestellt.

1) Die ersten quantitativen Bestimmungen in dieser Richtung wurden im Jahre 1884—85 von Prof. Forster in Gemeinschaft mit Privatdocent Dr. Saltet im hiesigen Institut ausgeführt. Vergl. Werken van het Genootschap voor Natuur-, Genees- en Heelkunde. Deel VI., II, p. 170.

2) Bacteriologische Untersuchungen über Frauenmilch. (Fortschr. d. Med., 1885, Nr. 8, S. 231.)

Auf der anderen Seite gelang es aber bald, die Anwesenheit specifischer Mikroben in der Milch von Mensch und Thier bei örtlichen Erkrankungen der Mamma nachzuweisen.

Die Frage aber, ob bei Allgemeininfectionen ohne Erkrankung der Milchdrüse die Krankheitserreger zur Ausscheidung durch die Milch gelangten, liess sich nicht so schnell und leicht einwandsfrei entscheiden. Denn es gelingt in vielen Fällen auch bei der grössten Sorgfalt nicht, von gesunden Thieren sterile Milch zu gewinnen. Es handelt sich hierbei nicht um eine Verunreinigung ausserhalb der Milchdrüse, sondern um eine Ausschwemmung oder Abspülung von Mikroorganismen aus den Ausführungsgängen derselben durch die abströmende Milch. Wie hoch Mikroorganismen, die zu jeder Zeit von aussen an die Zitzenöffnungen gelangen können, in den Ausführungsgängen aufsteigen und ob sie selbst bis in die Milchcysternen gelangen und hier zur Vermehrung kommen können, ist im allgemeinen unbekannt. In der That gibt es aber Keime, wie Kitt[1]) feststellte, die beim einfachen Anbringen an die Zitzenöffnungen die Fähigkeit besitzen, tief in die Mamma eindringend, eine typische Mastitis ohne Allgemeinerkrankung zu erzeugen, und alsdann massenhaft in der Milch auftreten. Es leuchtet ein, dass es sich in solchen Fällen einfach um eine örtliche Vermehrung der Spaltpilze innerhalb der Drüse handelt und von einer Ausscheidung aus dem Säftestrom des Körpers keine Sprache sein kann. Auf diese Weise und durch die oben erwähnte Ausschwemmung würden sich vielleicht ungezwungen manche positiven Befunde über die Ausscheidung von Bacterien aus dem Säftestrom durch die Milchdrüse erklären lassen. So ist Bumm[2]) der Meinung, dass bei den von ihm bei puerperalen Affectionen beobachteten und bacteriologisch

1) Neue Mittheilungen über Mastitis. (Monatshefte f. pract. Thierheilkunde, II, 1890, S. 21.) — Vergl. auch die in unserem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen über das Vorkommen von Streptococcen bei ›Galactocele‹; Korteweg, Nederl. Tijdschr. v. Geneesk., I Reeks, Nr. 10, 1891.

2) Zur Aetiologie der puerperalen Mastitis. (Archiv für Gynäkologie, Bd. XXVII, 1886, Heft 3).

untersuchten Mastitiden, bei welchen er in der Milch Staphylococcus pyogenes aureus und einen pyogenen Streptococcus fand, diese Bacterien nicht auf dem Umwege des Säftestromes, sondern direct von aussen durch die Milchkanäle oder durch Läsionen an den Warzen in die Mamma gelangt seien. Vom Blutstrom aus hält er eine Infection allein bei ganz schweren Erkrankungen vielleicht für möglich.

Bei der Anschauung nun, nach welcher die Milch einestheils als Product des Zerfalles des Milchdrüsengewebes und anderntheils des Überganges einzelner Bestandtheile des Blutes und der Lymphe durch Transsudation in die Milchdrüsenalveolen zu betrachten ist, erscheint der Übergang gelöster Stoffe wie Jodkalium, Arsen, Quecksilber, Tartarus stibiatus etc. und von Pflanzenalkaloiden, wie dies u. A. auch v. Sonnenberger[1]) experimentell nachgewiesen wurde, leicht verständlich. Und ebenso die Anwesenheit gelöster, immunisirender Stoffe in der Milch immunisirter Ziegen, wie sie z. B. neuerdings von Brieger und Ehrlich[2]) für Tetanus und von Klemperer[3]) für Typhus festgestellt wurde.

Von vornherein ist aber die Ausscheidung corpusculärer Elemente, wie der Bacterien, bei vollkommen intacten Gefässwänden nicht wahrscheinlich. Wir müssten also, wenn solche ausgeschieden werden, stets eine bis zu einem gewissen Grade gehende Alteration der Gefässwände voraussetzen.

Wie erklärt sich dann aber beispielsweise die feststehende Thatsache der Ausscheidung von Tuberkelbacillen durch die Milch bei tuberculösen Kühen, ohne dass eine locale Tuberculose

---

1) Die Entstehung und Verbreitung von Krankheiten durch gesundheitsschädliche Milch. Hyg. Rundschau, 1891, 12, S. 482. — Der Uebergang gelöster Jodsalze in die Frauenmilch nach äusserer Anwendung von Jodoform bei der säugenden Mutter, konnte wie von Fehling, so auch im hiesigen hygienischen Laboratorium beobachtet werden. S. Mendes de Leon, Ueber den Gehalt der Milch an Eisen. Archiv f. Hyg., Bd. VII, S 307, 1887.

2) Beiträge zur Kenntnis der Milch immunisirter Thiere. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf.-Krankh., Bd. XIII, 1893.

3) Ueber natürliche Immunität und ihre Verwerthung für die Immunisirungs-Therapie. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol., Bd. XXXI, H. 4 u. 5.

der Mamma vorhanden zu sein braucht? Es erscheint hier verständlich, dass bei dem chronischen Verlauf der Krankheit und bei der ständigen Production giftiger Stoffwechselproducte durch den stets mehr und mehr um sich greifenden Process das Blut in seiner Zusammensetzung verändert wird, und so die Gefässwände in ihrer normalen Ernährung gestört und für Bacterien durchgängig werden. Hiermit in Einklang stehen auch experimentelle Versuche, wie sie u. A. Sherrington[1]) in Nachfolge von Wyssokowitsch[2]) ausgeführt hat. Er injicirte Thieren subcutan und intravenös Reinculturen einer ganzen Reihe von Bacterien und untersuchte dann nach verschieden langer Zeit Galle und Urin auf die Anwesenheit der eingebrachten Mikroorganismen. In den meisten Fällen fand er sie keimfrei, obwohl das Blut reich an Bacterien war, und vor allem nur in denjenigen Fällen ihn ihnen Bacterien anwesend, wenn gleichzeitig Blut oder coagulirbares Eiweiss vorhanden war. Dies Letztere spricht dafür, dass sich bereits schwere pathologische Processe in den Gefässwänden abgespielt hatten.

Klein[3]) impfte 2 Milchkühe mit Reinkulturen des Diphterie-Bacillus. Er fand nur einmal bei der einen Kuh, die nicht starb, — die andere starb — am 5. Tage nach der Impfung Diphteriebacillen in der Milch, etwa 32 pro ccm Milch. Am 10., 11. und 25. Tage, an welchem das Thier getödtet wurde, fand er sie nicht.

Abbott[4]) wiederholte die Versuche Klein's an 2 Milchkühen. Die eine starb am 16. Tage, die andere wurde am 23. Tage getödtet. Die Milch beider Kühe zeigte trotz sorgfältigster Untersuchung nie die Anwesenheit des Diphteriebacillus, trotzdem derselbe bei der Autopsie in den Geweben in verhältnismässig grosser Anzahl vorhanden war.

1) Experiments on the escape of bacteria with the secretions. (Journal of Pathology and Bacteriology. Edinburgh and London, 1893).

2) Zeitschr. f. Hyg. u. Infectionskrankh., Bd. I, S. 3.

3) Ein weiterer Beitrag zur Aetiologie der Diphtherie. (Centralbl. f. Bact. u. Parasitenkunde, Bd. VII, Nr. 25, S. 785.)

4) The results of inoculations of milk cows with cultures of the Bacillus diphtheriae. (The Journal of Pathology and Bacteriology, Vol. II, 1893, S. 35).

Bekanntlich lassen sich bei Tyhuskranken in ca. 60% der Fälle die Bacillen im Blute nachweisen, während man sie im Harn nur in etwa 25% antrifft. Th. Geisler[1]) konnte nur einmal im Schweisse zweifellos Typhusbacillen entdecken und hier handelte es sich — abgesehen von einer möglichen Verunreinigung des Schweisses mit Bacterium coli commune oder Bacillus typhi durch die Wäsche etc. — wie ausdrücklich hervorgehoben wird, um einen der schwersten Typhusfälle, bei dem der Patient ununterbrochen 65 Tage fieberte. Auch hier hatte man es zweifelsohne bei der Schwächung des ganzen Organismus in Folge der schweren und langwierigen Erkrankung bereits mit pathologischen Veränderungen in den secernirenden Drüsen und einer daraus resultirenden grösseren Permeabilität zu thun.

Eine Alteration der Gefässwände scheint demnach eine Vorbedingung für die Ausscheidung von Bacterien durch die Secrete und Excrete zu sein.

Diese Anschauung deckt sich auch mit zwei neueren Untersuchungen von Heim[2]) und Pernice und Scagliosi[3]). Heim fand nur bei mehr oder minder hochgradiger Veränderung des Nierengewebes den Harn streptococcenhaltig, während die beiden letzteren Autoren bei ihren experimentellen Nephritiden das Resultat erhielten, dass der Durchgang der Bakterien durch die Nieren in den Urin sich bei allgemeiner Infection erst nach anatomisch-pathologischen Veränderungen in den Nieren vollzieht.

Wirft man einen Blick auf die Literatur über Bacterien-Ausscheidung durch die thätige Milchdrüse, so erscheint die Anzahl der experimentellen Untersuchungen in dieser Richtung, gegenüber der Wichtigkeit der Frage nur dürftig. Erklärlich vielleicht ist diese Thatsache wegen der schwierigen Beschaffung des Untersuchungsmaterials.

---

1) Ueber Ausscheidung der Typhusbacillen durch den Schweiss. (Wratsch, 1893, Nr. 8.)

2) Ueber Streptococcus longus pyothoracus.

3) Experimentelle Nephritis bacterischen Ursprunges. (Mittheilungen vom XI. internat. med. Congress in Rom.)

Gleichzeitig mit der schon oben erwähnten Feststellung der Keimfreiheit der Milch von gesunden Wöchnerinnen, fand Escherich[1]) in der Milch fiebernder Wöchnerinnen bei Verletzungen der äusseren Decken, Rhagaden, Excoriationen der Brustwarze (ohne eigentliche Mastitis) und bei puerperalen Allgemeininfectionen, leichten und schwersten Grades, Coccen, die nach seiner Angabe wahrscheinlich identisch waren mit Rosenbach's Staphylococcus albus und aureus. Wöchnerinnen, die aus anderen Ursachen fieberten, hatten keimfreie Milch.

Longard[2]), der im Institut Bollinger's die Untersuchungen Escherich's wiederholte und im Grossen und Ganzen bestätigte, constatirte u. a. auch die Uebergangsfähigkeit der im Blute kreisenden Staphylococcen in die Milch ohne makroskopische Erkrankung der Mamma.

Koubassoff's[3])Resultate erscheinen heute wohl in einem etwas auffallenden Lichte. Er machte Versuche an Meerschweinchenmüttern mit Milzbrand-, Rothlauf- und Tuberkelbacillen und constatirte in allen Fällen einen Übergang der Bacterien in die Milch, die bis zum Ende der Lactationsperiode oder bis zum Tode der Mutter, in einigen Fällen selbst wochen- und monatelang, in ihr blieben. Jedoch starb keines der Jungen, trotzdem sie beständig von der Mutter gesäugt wurden. Diese letztere Thatsache will Koubassoff dadurch erklären, dass die Milch für die Jungen nicht infectiös sei, so lange die Schleimhaut des Intestinaltraktus intakt wäre.

Gaffky und Paak[4]) erwähnen beiläufig bei der Besprechung von Impfversuchen, die sie mit den, von ihnen in einem Falle von Fleischvergiftung gefundenen Bacillen ausgeführt hatten,

1) Bacteriologische Untersuchungen über Frauenmilch. (Fortschritte d. Med., 1885, Nr. 8, S. 231.)

2) Ueber die Identität der Staphylococcen, welche in der Milch und in akuten Abscessen vorkommen. (Arbeiten aus dem pathologischen Institut in München, herausgegeben von O. Bollinger, Stuttgart 1886.)

3) Passage des microbes pathogènes de la mère au foetus et dans le lait. (Compt. rend. hebd. des séances de l'académie des sciences, 1885, Nr. 8.)

4) Ein Beitrag zur Frage der sogen. Wurst- und Fleischvergiftungen. (Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte, 1890, IV, S. 159.)

dass diese reichlich in der Milch der geimpften Meerschweinchen nach deren Tode anwesend waren. Ob das auch während des Lebens der Fall war, wird dabei nicht berichtet.

Karlinski[1]) fand in der Milch einer Wöchnerin mit puerperaler Affection pyogene Staphylococcen in der Milch. Mit diesen Bacterien machte er Versuche an trächtigen Hunden und Kaninchen, indem er sie entweder direct in die Blutbahn oder in die Gegend der Brustdrüse einspritzte. Er fand dann regelmässig die specifischen Organismen in der Milch zurück und meint, dass dieselben auf dem Umwege durch die Lymphe in die Milchbahnen gelangt seien.

Bozzolo[2]) constatirte die Anwesenheit des Fränkel'schen Diplococcus in der Milch einer an Pneumonie erkrankten Frau, eine Thatsache, die schon früher durch Foà und Bordoni-Uffreduzzi[3]) beim Kaninchen beobachtet worden war.

v. Eiselsberg[4]) konnte in der Milch einer stillenden Frau mit Panaritium Eitercoccen in reichlichen Mengen nachweisen.

Gegenüber den Befunden von Escherich, Longard, Karlinski und v. Eiselsberg erscheinen nun neuere Untersuchungen von M. Cohn und H. Neumann[5]), von Honigmann[6]), von Ringel[7]) und von Palleske[8]) nicht ohne Bedeutung. Sie fanden nämlich in mehr als 100 Fällen sowohl

---

1) Ein experimenteller Beitrag zur Kenntnis der Pyosepticämie der Neugeborenen vom Verdauungstractus aus. (Prager med. Wochenschrift, 1890, Nr. 22.)

2) Sulla presenza del diplococco pneumonico nel latte di una donna affetta da pneumonite. (Giornale della R. Accademia di medicina di Torino, 1890, no. 6, p. 536.)

3) Baumgarten's Jahresbericht, III, 1887, S. 41.

4) Berliner Klin. Wochenschrift, 1891, Nr. 23.

5) Ueber den Keimgehalt der Frauenmilch. (Virchow's Archiv, Bd. CXXVI, S. 391.)

6) Bacteriologische Untersuchungen über Frauenmilch. (Zeitschr. f. Hyg. u. Inf.-Krankh., Bd. XIV, Heft 2.)

7) Ueber den Keimgehalt der Frauenmilch. (Münch. med. Wochenschrift, 1893, Nr. 27.)

8) Ueber den Keimgehalt der Milch gesunder Wöchnerinnen. (Virchow's Archiv, Bd. 130, S. 185.)

bei gesunden als auch bei kranken Frauen pyogene Staphylococcen und seltener Streptococcen in der Milch anwesend und zwar eigenthümlicher Weise dieselben Arten, die auch von den vier ersten Autoren gefunden worden sind, in der überwiegenden Mehrzahl Staphylococcus pyogenes albus und dann aureus. Angesichts dieser Thatsache kann man sich eines leichten Zweifels nicht erwehren, ob nicht in jenen Fällen ebenfalls nur eine einfache Ausschwemmung von Bacterien, die von aussen ihren Weg in die Drüse fanden, aus den Drüsenausführungsgängen, wie oben erwähnt, stattgefunden hat und hier eine Ausscheidung auf hämatogenem Wege nicht im Spiele war.

Nur in zwei Fällen, in denen das eine Mal die Wöchnerin an Febris puerperalis und das andere Mal an Phlebitis litt, und in welchen beiden Fällen der Streptococcus pyogenes gefunden wurde, hält Ringel das Erscheinen der Mikroben in der Milch auf metastatischem Wege für wahrscheinlich.

Für die Ausscheidung von Milzbrandbacillen durch die Milch findet man in der Literatur mehr negative als positive Angaben, so dass hier eine auch nur einigermaassen sichere Entscheidung vor der Hand nicht getroffen werden kann.

Auch für die Maul- und Klauenseuche, an deren Uebertragbarkeit durch die Milch wohl Niemand mehr zweifelt, ist die Ausscheidung der wahrscheinlich specifischen Erreger, wie sie neuerdings von Schottelius[1]) und Behla[2]) beschrieben worden sind, vom Säftestrom des Körpers aus in die Milch nicht erwiesen.

Nichts ist hier auch einfacher als anzunehmen, dass die Infection der Milch bei der manchmal enormen Abscheidung des Geifers von diesem und also von aussen oder von Blasen am Euter selbst stattfindet.

Sicher festgestellt allein ist die Ausscheidung von Tuberkelbacillen durch die Milch tuberculöser Kühe durch Bang, Czokor,

---

1) Ueber einen bacteriologischen Befund bei Maul- und Klauenseuche. (Centralbl. f. Bact. u. Parasitenk., Bd. XI, S. 75.)

2) Der Erreger der Maul- und Klauenseuche, nebst Bemerkungen über die akuten Exantheme beim Menschen. (Dasselbe, Bd. XIII, S. 50.)

Ernst, Bollinger, Baumgarten u. A. Wenn man aber bedenkt, dass nur bei 5 % der tuberculösen Kühe Bacillen in der Milch erscheinen und 4 % der Thiere mit örtlicher Eutertuberkulose behaftet sind, so bleibt für die Möglichkeit einer hämatogenen Ausscheidung nur eine kleine Anzahl übrig und dies wird gerade dann der Fall sein, wenn der tuberculöse Prozess schon weiter vorgeschritten ist und wir es bei der fortdauernden Ueberschwemmung des Körpers durch bacterielle Stoffwechsel- und andere Zerfallsproducte mit einer mehr oder minder starken Alteration der Gefässwände in Folge von Ernährungsstörungen zu thun haben.

Bei dieser Sachlage erschien es uns daher von besonderem Interesse, eine Thatsache weiter zu verfolgen, die wir anlässlich von Impfversuchen an säugenden Meerschweinchen mit dem Bacillus bovis morbificans[1]) feststellen konnten. Es handelte sich hier um die Ausscheidung ganz gewaltiger Mengen der eingebrachten Bacterien durch die sezernirende Milchdrüse nach tödtlicher intrauteriner und intragenitaler Infection. So konnten wir in zwei derartigen Fällen bestimmen, dass kurz nach dem Tode in 3,2 mg Milch, die unter den nöthigen, unten näher beschriebenen Vorsorgen gewonnen war, die Anzahl der Bacterien ungefähr 100000 betrug. Für 1 ccm Milch würde dies eine Menge von ca. 31000000 ergeben.

Die Fragen, die sich hier aufwerfen, sind: in welcher Zeit nach erfolgter Infection die Bacterien zuerst in der Milch erscheinen, ob dieselben schon bald, ohne dass am Impfthier bereits auffallende Krankheitserscheinungen wahrzunehmen sind, vom Säftestrom des Körpers durch die Mamma ausgeschieden werden, oder ob dieser Uebergang in die Milch erst dann eintritt, wenn schon schwerere Allgemeinstörungen sich eingestellt haben. Hieran anschliessend kommt die Frage, in welchem Verhältnis vom ersten Erscheinen der Bacillen in der Milch ab ihre Mengen bis zum eventuellen Tode des Thieres sich verhalten.

---

1) Ueber eine im Fleisch gefundene infectiöse Bacterie. (Archiv für Hygiene, Bd. XX, S. 242.)

Von vornherein war bei den obigen zwei Befunden auszuschliessen, dass es sich etwa um eine Einwanderung der Bacillen aus dem Blut- und Lymphgefässsystem in die Milchdrüsenalveolen und Milchcanäle post mortem handeln könnte. Dagegen spricht die kurz nach dem Tode erfolgte Section und Anlage der Platten, und vor allen Dingen die enorme Quantität der Bacillen in der Milch gegenüber der Menge derselben im Blut. Dort war ihre Anzahl 100mal grösser als hier.

Nicht ohne Werth erachteten wir es auch, festzustellen, innerhalb welcher Zeit nach subcutaner oder intraperitonealer Impfung die Bacillen sich zuerst im Blute und in einigen Organen, wie Leber und Milz, nachweisen liessen. Denn es konnte mit Bezug auf die Entscheidung der ersten Fragen nicht gleichgültig sein, wann mit dem Blute der Milchdrüse die ersten Bacillen zugeführt werden.

Bei dem ersten Versuch in dieser Richtung wurde einem Meerschweinchen 0,5 ccm einer 24 Stunden alten, bei 37° C. gewachsenen Bouilloncultur des Bacillus bovis morbificans[1]) unter die Bauchhaut injicirt und das Thier nach einer halben Stunde vermittelst Chloroform getödtet. Unmittelbar darauf wurde die Bauch- und Brusthöhle eröffnet, Leber und Milz und das Herz nach Unterbindung der grossen Gefässe herauspräparirt und auf sterile Uhrgläschen gelegt. Nach dem Abbrennen der Oberfläche dieser Organe wurden aus dem Innern von Leber und Milz etwa reiskorngrosse Stücke entnommen, in flüssige Gelatine gebracht und hier möglichst zerkleinert und zerquetscht; nach steriler Eröffnung des Herzens wurden aus der rechten Kammer 81,2 mg Blut ebenfalls in Gelatine gebracht und gut gemengt. Alle drei Gelatinegläschen wurden alsdann zu Platten gegossen und die Platten bei 24° gesetzt. Gleiche Mengen Substanz von Leber, Milz und Blut wurden in Löffler'sche Bouillon gebracht und bei 37° aufbewahrt. Platten und Bouillongläschen blieben bei 14tägiger Beobachtung steril.

1) Derartige Culturen wurden bei den folgenden Thierversuchen stets angewendet.

Eine halbe Stunde nach subcutaner Impfung liessen sich also die Bacillen noch nicht im Blut und den inneren Organen nachweisen.

Bei einem zweiten Versuch, bei dem die Impfung in derselben Weise stattfand, wurde das Meerschweinchen 1 Stunde post infectionem durch Chloroform getödtet. Die Anlage der Platten geschah hier aus denselben Organen und in derselben Weise wie oben. Es entwickelten sich im Laufe der nächsten Tage in der Platte

aus dem Herzen ca. 1000 Colonien,
» der Leber » 250 »
» » Milz » 120 »

Es war hiermit erwiesen, dass bereits eine Stunde nach subcutaner Injection unter die Bauchhaut die Bacillen in verhältnismässig grossen Mengen im Kreislauf vorhanden sind und mithin auch zu dieser Zeit in den Blutgefässen der Mamma circulieren. Für 1 ccm Blut berechnet sich die Anzahl der Bacterien auf ungefähr 12 bis 13000.

Beim ersten intraperitonealen Versuch, bei dem ca. 0,5 ccm Bouilloncultur injicirt worden war, wurde das Meerschweinchen nach einer Stunde getödtet. Aus Herz, Leber und Milz wurden wie oben und mit denselben Mengen Gelatineplatten angelegt. Die Anzahl der Colonien betrug nach 48 Stunden auf der Platte

aus dem Herzen ca. 6000 Colonien
» der Leber » 360 »
» » Milz » 200 »

Beim zweiten intraperitonealen Versuch wurde das Thier nach einer halben Stunde getödtet und alsdann Platten in der alten Weise angelegt. Es entwickelten sich jetzt auf der Platte

aus dem Herzen ca. 25 Colonien
» der Leber » 6 »
» » Milz » 0 »

Bei einem dritten intraperitonealen Versuch erfolgte die Tödtung des Thieres nach 45 Minuten. Es wuchsen auf der Platte

aus dem Herzen ca. 2000 Colonien
» der Leber » 250 »
» » Milz » 200 »

Die Versuche wurden zu öfteren Malen mit fast gleichbleibenden Erfolgen wiederholt. Gleiche Versuche wurden mit Bacterium coli commune und Bacillus typhi angestellt, deren Resultate in der demnächst von mir zu veröffentlichenden Differentialdiagnostik zwischen jenen drei Bakterien ihren Platz finden werden.

Durch diese vorbereitenden Versuche konnten wir also die Thatsache feststellen, dass nach subcutaner Impfung mit dem Bacillus bovis morbificans die Bacillen sicher in einer Stunde und nach intraperitonealer Injection bereits nach 45 Minuten in grösserer Menge der Milchdrüse mit dem Blutstrom zugeführt werden.

Es galt nun nachzuweisen, wann bei gleicher Infection die ersten Bacillen bei milchgebenden Thieren in der fertigen Milch erscheinen. Es musste sich so die Frage entscheiden lassen, ob Mikroorganismen, in unserem Falle der Bacillus bovis morbificans, schon bald nach ihrem ersten Erscheinen in den Blutgefässen der Mamma, also zu einer Zeit, in der von einer Alteration der Gefässwände schwerlich Sprache sein kann, zur Ausscheidung mit der Milch gelangen — oder ob zwischen jenem Zeitpunkt und diesem Vorgang eine mehr oder weniger lange Zeit verstrich, nach welcher bereits pathologische Veränderungen in der Drüse sich entwickelt haben konnten.

Nun hat aber Fokker[1]) vor längerer Zeit Mittheilungen gemacht, nach welchen der frischen, steril aufgefangenen Milch der Ziege bacterienvernichtende Eigenschaften zukämen. Da wir durch unsere Culturen aus der Milch nur die Anwesenheit lebender Mikroben konstatiren konnten, es aber möglich war, dass die ersten und in geringer Anzahl ausgeschiedenen Bacterien in der bereits secernirten Milch durch — in ihr nach der obigen Ansicht vielleicht vorhandene — Alexine abgetödtet werden konnten, so mussten wir, bevor an die Thierversuche gegangen

1) Ueber die bacterienvernichtende Eigenschaft der Milch. Fortschr. d. Med., Bd. VIII, 1890, 7. Desgleichen Zeitschr. f. Hyg., Bd. IX, 1890.

werden konnte, feststellen, ob frische Milch, so wie sie aus dem Euter kam, etwa bactericide Eigenschaften unserem Bacillus gegenüber besässe.

Durch Vorversuche hatten wir uns überzeugt, dass, wenn 1,2 mg einer 24stündigen, bei 24°[1]) gewachsenen Bouilloncultur in 500 ccm Löffler'sche Bouillon gebracht wurden und unmittelbar nach gutem Mengen hiervon mit 1,0 ccm eine Gelatineplatte angelegt wurde, in dieser durchschnittlich 1100 bis 1300 Colonien zur Entwickelung kamen. Wir wählten mit Absicht diese niedrige Colonienzahl in einer verhältnismässig so grossen Impfmenge, weil man hierdurch am besten die kaum zu vermeidenden zufälligen Schwankungen bei derartigen, quantitativen Bestimmungen wie die folgenden so weit wie möglich einschränkt und so zu mehr zuverlässigen Resultaten kommt.

Aber noch auf Eines kam es uns bei diesen Vorversuchen an. Wenn auch nach neueren Erfahrungen nicht wahrscheinlich, so war es doch nicht ausgeschlossen, dass schon durch die Uebertragung der Bacterien aus dem alten in ein neues Nährmedium im Anfang eine gewisse Anzahl derselben zu Grunde ging oder wenigstens eine Wachsthumshemmung eine gewisse Zeit lang eintrat. Wir machten es uns zur Pflicht, diese Bouillonversuche möglichst genau so einzurichten wie die Milchversuche. Auf diese Weise konnten wir zu verhältnismässig correcten vergleichenden Resultaten zwischen dem Verhalten der Bacterien nach Uebertragung in Bouillon und in frischgemolkene Milch kommen, und zwar um so mehr als unsere Bacillen bei ihrer Vermehrung nicht in Verbänden vereinigt bleiben, sondern sich in der Regel in Einzelindividuen trennen.

I. Bouillonversuch.

Es wurden 500 ccm Löffler'sche Bouillon geimpft mit 1,2 mg einer wie oben angegebenen Cultur des Bacillus bovis morbificans. Die folgende Tabelle gibt die Anzahl der, in den einzelnen Platten nach 72stündigem

1) Für die Bouillon- und Milchversuche verwendete ich bei 24° gewachsene Culturen, weil hier in 24 Stunden noch keine Häutchenbildung wie bei 37° eintritt und man so eine gleichmässigere Vertheilung der Bacterien in der Cultur erhält.

Wachsthum entwickelten Colonien an. Alle Platten wurden mit 1,0 ccm der geimpften Bouillon angelegt. Während der ganzen Impfzeit wurde die Bouillon in kurzen Pausen durch kräftiges Schütteln gut gemengt. Während der Anlage der Platten 1 bis 13 betrug die Zimmertemperatur 21,6°. Von dieser Zeit ab bis zur Anlage der Platte 14 stand die Bouillon bei 22°.

Nr. der Platte	Zeit nach der Impfung	Anzahl der Colonien
1	direct nach der Impfung	1 140
2	2 Minuten	1 130
3	5 »	1 160
4	10 »	1 170
5	15 »	1 150
6	20 »	1 260
7	30 »	1 400
8	45 »	1 350
9	60 »	1 400
10	75 »	1 420
11	90 »	1 480
12	150 »	1 500
13	210 »	1 610
14	24 Stunden	ca. 150 000 000
15 } Verdünnungen von Nr. 14 mit je 40,0 mg	do.	ca. 600 000
16	do.	ca. 2 400
17	do.	10

Eine Verminderung der Keime findet also nach der Uebertragung in eine frische Nährbouillon nicht statt, jedoch kann man wohl auf Grund der obigen und der weiter unten angeführten Zahlen auf eine zeitweilige Hemmung resp. Verlangsamung der Wachsthumsenergie schliessen.

Am besten lässt sich diese Erscheinung durch die Berechnung der Generationsdauer illustriren.

Die Generationsdauer unter bestimmten äusseren Lebensbedingungen lässt sich für jede Bacterienart folgendermaassen berechnen.

Bestimme ich durch Anlage von Platten die Anzahl der Bacterien unmittelbar nach Impfung der Bouillon in einer bestimmten Menge der letzteren und ebenso ihre Anzahl in derselben Menge nach verschiedenen Zeiten und setze ich dann

für die Wachsthumszeit t, für die Anzahl der im Anfang von t anwesenden Bacterien a und der am Ende von t vorhandenen Bacterien b, für die Anzahl der Generationswechsel y und für die Generationsdauer x, so ist

$$1.\ x = \frac{t}{y}$$

und $$2.\ 2^y = \frac{b}{a};$$

nun ist $$y \log 2 = \log \frac{b}{a}$$

$$y = \frac{\log \frac{b}{a}}{\log 2}$$

$$x = \frac{t}{\frac{\log \frac{b}{a}}{\log 2}}$$

$$x = \frac{t \cdot \log 2}{\log b - \log a}$$

Bei dieser Berechnung ist angenommen, dass erstens kein Bakterium während der, der Berechnung zu Grunde liegenden Wachsthumszeit abgestorben ist und zweitens alle Individuen sich in gleichmässiger Weise unter günstigen Bedingungen und bei längerer Wachsthumsdauer theilen, d. h. dass aus 1 Individuum 2, aus diesen 4, aus diesen 8, 16, 32 u. s. w. in geometrischer Progression entstehen. Diese Art der Fortpflanzung müssen wir nach unseren jetzigen Kenntnissen im allgemeinen für die Bacterien als zutreffend annehmen. Und es ist auch sehr wahrscheinlich, dass man mit der ersten Annahme der Wahrheit sehr nahe kommt; denn ein so frühes Absterben von Bacterien in ihnen zusagenden Nährmedien — auch ohne Sporenbildung wie in unserem Falle — findet wohl in der That schwerlich statt. Wie sollte sich sonst eine Strich- oder Stichcultur in Gelatine oder Agar noch viele Monate lang lebenskräftig erhalten können, wenn sie schon ihre grösste Ausbreitung

längst erreicht, wenn also eine Vermehrung aufgehört hat? Von diesem Zeitpunkt ab müssen dann die Einzelindividuen als solche sich ihre Lebensfähigkeit bewahren können. Aber noch wahrscheinlicher wird diese Fähigkeit durch Versuche, die ich im Eiskalorimeter nach Prof. Forster[1]) angestellt habe. Hier hört das Wachsthum unserer Bacillen vollständig auf. Bringt man aber geimpfte Bouillon, die selbst 2 bis 3 Monate und mehr im Eiscalorimeter gestanden hat, wieder in günstige Verhältnisse, so findet ein kräftiges Wachsthum in derselben statt. Die ursprünglich in die Bouillon gebrachten Bacterien müssen sich demnach ihre Lebens- und Vermehrungsfähigkeit während jener Zeit ungeschwächt erhalten haben.

Nach den oben angegebenen Gleichungen berechnet sich nun für die verschiedenen Wachsthumszeiten beim ersten Bouillonversuch die Generationsdauer folgendermassen:

I. Wachsthumszeit 150 Minuten.

$$x = \frac{150 \cdot \log 2}{\log 1500 - \log 1140}$$

$$x = \frac{150 \cdot 0{,}30103}{3{,}17609 - 3{,}0569}$$

$$x = \frac{45{,}15450}{0{,}11919}$$

$$x = 378{,}843 \text{ Minuten.}$$

II. Wachsthumszeit 24 Stunden = 1440 Minuten.

$$x = \frac{1440 \cdot \log 2}{\log 150000000 - \log 1140}$$

$$x = \frac{1440 \cdot 0{,}30103}{8{,}17609 - 3{,}05690}$$

$$x = \frac{433{,}48320}{5{,}11919}$$

$$x = 84{,}678 \text{ Minuten.}$$

1) Vergl. Centralbl. für Bacteriologie, Bd. XII, Nr. 13, 1892.

III. Wachsthumszeit von 150 — 1440 Minuten.

$$x = \frac{1290 \cdot \log 2}{\log 150000000 - \log 1500}$$

$$x = \frac{1290 \cdot 0,30103}{8,17609 - 3,17609}$$

$$x = \frac{388,32870}{5}$$

$$z = 77,665 \text{ Minuten.}$$

IV. Wachsthumszeit von 210 — 1440 Minuten.

$$x = \frac{1230 \cdot \log 2}{\log 150000000 - \log 1610}$$

$$x = \frac{1230 \cdot 0,30103}{8,17609 - 3,20683}$$

$$x = \frac{369,26690}{4,96926}$$

$$x = 74,31 \text{ Minuten.}$$

II. Bouillonversuch.

Es wurden 100 ccm Löffler'sche Bouillon mit 0,24 mg einer wie zum I. Versuch verwendeten Cultur geimpft. Die Bouillon stand während der ganzen Impfzeit bei einer Temperatur von 24°. Bis zur Anlage der Platte 8 wurde die Bouillon in fast beständiger Bewegung gehalten. Von da ab blieb sie ruhig bis zur Anlage der letzten Platten im Brutschrank bei 24° stehen. Vor der Anlage der 9. Platte wurde selbstverständlich kräftig gemengt. Die folgende Tabelle gibt die Anzahl der nach fünftägigem Wachsthum auf den einzelnen Platten entwickelten Colonien an. Alle Platten wurden diesmal mit 0,5 ccm der geimpften Bouillon angelegt.

Nr. der Platte	Zeit nach der Impfung	Anzahl der Colonien
1	direct nach der Impfung	532
2	10 Minuten	550
3	20 »	610
4	30 »	558
5	50 »	580
6	60 »	562
7	120 »	604
8	165 »	696
9	24 Stunden	ca. 78 500 000
10 (Verdünnungen von Nr. 9 mit je 70 mg)	do.	ca. 554 000
11 (Verdünnungen von Nr. 9 mit je 70 mg)	do.	ca. 3 900
12 (Verdünnungen von Nr. 9 mit je 70 mg)	do.	27

Für den Bouillonversuch II berechnet sich die Generationsdauer wie folgt:

I. Wachsthumszeit 165 Minuten.

$$x = \frac{165 \cdot \log 2}{\log \cdot 696 - \log 532}$$

$$x = \frac{165 \cdot 0{,}30103}{2{,}84261 - 2{,}72591}$$

$$x = \frac{49{,}66995}{0{,}11670}$$

$$x = 425{,}62 \text{ Minuten.}$$

II. Wachsthumszeit 24 Stunden = 1440 Minuten.

$$x = \frac{1440 \cdot \log 2}{\log 78500000 \cdot \log 532}$$

$$x = \frac{1440 \cdot 0{,}30103}{7{,}89487 - 2{,}72591}$$

$$x = \frac{433{,}48320}{5{,}16896}$$

$$x = 83{,}862 \text{ Minuten.}$$

III. Wachsthumszeit von 165 bis 1440 Minuten.

$$x = \frac{1275 \cdot \log 2}{\log 78500000 - \log 696}$$

$$x = \frac{1275 - 0{,}30103}{7{,}89487 - 2{,}84261}$$

$$x = \frac{383{,}81325}{5{,}05226}$$

$$x = 75{,}968 \text{ Minuten.}$$

Aus dieser Berechnung der Generationsdauer ersieht man, dass bei unseren Bacillen in der ersten Zeit nach der Übertragung in die frische Nährbouillon Wachsthum und Vermehrung verlangsamt ist, und erst später eine normale Generationsdauer auftritt. Wann diese ihre grösste Kürze erreicht, wird von uns an der Hand weiterer Experimente noch festgestellt werden. Im Mittel findet ein Generationswechsel bei einer Wachsthumszeit

von 24 Stunden für den Bacillus bovis morbificans in ca. 84 Min. bei einer Temperatur von 24° in Löffler'scher Bouillon statt.

Es ist nun zu sehen, wie sich die Bacterien in frischgemolkener Milch verhalten.

Die Kuh, die für diese Versuche gebraucht wurde, war ein kräftiges gesundes Thier, das pro die ca. 20 l Milch gab. Das Euter und seine Umgebung wurde zuerst mit lauwarmem Wasser und Seife gut gereinigt, alsdann hintereinander mit 1 ‰ Sublimatlösung, Alkohol und Aether behandelt und schliesslich mit sterilem Wasser abgespült. Die Milch wurde nun so gewonnen, dass zuerst ungefähr 1 l aus einer Zitze weggemolken und dann die nun folgende in zwei sterilen, geaichten Kolben von 500,0 ccm aufgefangen wurde. Unmittelbar nach dem Auffangen wurde jeder Kolben mit 1,2 mg einer wie oben angegebenen Bouilloncultur geimpft. Wie die Anlage der Platten erfolgte, ergibt sich aus den unten stehenden Tabellen. Alle Platten wurden mit 1,0 ccm angelegt. Die Temperatur betrug bis zur Herstellung der 13. Platte von Kolben I : 20,4°. Von da ab stand die Milch im Thermostaten bei 22°. Die Platten wurden nach dreitägigem Wachsthum gezählt.

I. Milchversuch.

Nr. der Platte	Zeit nach der Impfung	Anzahl der Colonien
	Kolben I.	
1	direct nach der Impfung	956
2	2 Minuten	940
3	5 »	980
4	10 »	1 004
5	15 »	985
6	20 »	1 000
7	30 »	1 028
8	45 »	1 010
9	60 »	1 080
10	75 »	1 056
11	90 »	1 090
12	150 »	1 178
13	210 »	1 256
14	24 Stunden	ca. 1 625 000
15 (Verdünnungen v. Nr. 14 mit je 40,0 mg)	do.	ca. 6 500
16 (Verdünnungen v. Nr. 14 mit je 40,0 mg)	do.	26
	Kolben II.	
1	30 Minuten	1 020
2	60 »	1 066
3	90 »	1 100
4	150 »	1 180
5	210 »	1 330
6	24 Stunden	ca. 1 900 000
7 (Verdünnungen v. Nr. 6 mit je 40,0 mg)	do.	ca. 7 600
8 (Verdünnungen v. Nr. 6 mit je 40,0 mg)	do.	31

Für den ersten Milchversuch berechnet sich die Generationsdauer wie folgt:

Beobachtete Wachsthumszeit	Generationsdauer
Kolben I.	
In den ersten 2½ Stunden . . .	498 Minuten
» » » 24 »	134 »
Von 2½ bis 24 » . . .	124 »
» 3½ » 24 »	119
Kolben II.	
Von ½ Stunde bis 2½ Stunden .	570 Minuten
» ½ » » 3½ .	470 »
» ½ » » 24 » .	130 »
3½ » » 24 » .	117 »

II. Milchversuch.

Für diesen Versuch wurde ebenfalls eine gute Milchkuh verwendet und die Milch in gleicher Weise wie beim I. Versuch gewonnen. Es wurden hier aber, analog dem II. Bouillonversuch Kolben mit 100,0 ccm Milch verwendet, die unmittelbar nach dem Auffangen mit 0,24 mg der bekannten Bouilloncultur geimpft wurden. Die Temperatur betrug bis zur Anlage der 8. Platte 21,5°. Von da ab stand die Milch bei 22° im Brütschrank. Alle Platten wurden mit 0,5 ccm Milch angelegt. Die Zählung der Colonien erfolgte nach 5 Tagen.

Nr. der Platte	Zeit nach der Impfung	Anzahl der Colonien
	Kolben I.	
1	direct nach der Impfung	630
2	10 Minuten	655
3	20 »	640
4	30 »	690
5	50 »	640
6	60 »	700
7	120 »	745
8	165 »	830
9	24 Stunden	ca. 1 500 000
10 } Verdünnungen v. Nr. 9 mit je 70 mg	do.	ca. 10 700
11 } Verdünnungen v. Nr. 9 mit je 70 mg	do.	76

Nr. der Platte	Zeit nach der Impfung	Anzahl der Colonien
	Kolben II.	
1	5 Minuten	760
2	25 »	860
3	50 »	770
4	75 »	780
5	150 »	890
6	210 »	980
7	24 Stunden	ca. 2 000 000
8 } Verdünnungen v. Nr. 7 mit je 70 mg	do.	ca. 14 000
9 } Verdünnungen v. Nr. 7 mit je 70 mg	do.	100

Für den zweiten Milchversuch berechnet sich die Generationsdauer wie folgt:

Beobachtete Wachsthumszeit	Generations-dauer
Kolben I.	
In den ersten 2³/₄ Stunden . . .	415 Minuten
» » » 24 « . . .	130 »
Von 2³/₄ bis 24 » . . .	119 ·
Kolben II.	
Von 5 Minuten bis 3¹/₂ Stunden .	559 Minuten
» 5 » » 24 » .	126 »
» 3¹/₂ Stunden » 24 » .	112 »

Aus diesen Versuchen geht klar hervor, dass man in unserem Falle von bacterienvernichtenden Eigenschaften der Milch im Sinne Fokker's nicht sprechen kann. Fokker stellt in dieser Beziehung frische Milch mit Blut und Blutserum in Parallele und zwar hauptsächlich auf Grund von Säurebestimmungen und Coagulationszeit und einiger, »auserlesener« Bestimmungen der Bacterienmengen nach verschiedenen Zeiten. Jedoch sind Fokker's Versuche keineswegs zu einer solchenSchlussfolgerung ausreichend.

Unseres Erachtens hat man, wenn man bacterienvernichtenden Eigenschaften einer Flüssigkeit nachgehen will, auch in erster Linie mit den Bacterien selbst und nicht mit einzelnen Lebensäusserungen derselben zu rechnen. Denn die Intensität der physiologischen Leistungen der Bacterien schwankt zweifellos mit dem Wechsel äusserer Bedingungen, z. B. selbst kleinen Schwankungen in der Temperatur.

So ist auch die Menge der Säure, die in einem gegebenen Falle gebildet wird oder die Coagulation des Caseïns bewirkt, bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Menge der Bacterien, sondern ist eine Folge ihrer physiologischen Thätigkeit.

Weiterhin können die Verhältnisse in Bezug auf Säureproduction durch eingebrachte Bacterien in frischer steriler Milch und in sterilisirter oder pasteurisirter Milch ganz andere sein,

auch ohne die Anwesenheit von activen oder zerstörten bactericiden Stoffen. So wäre es möglich, dass durch die Erhitzung Stoffe, namentlich Eiweissstoffe oder Salze, in der Milch eine Veränderung erfahren, die diese mehr oder weniger geeignet zur Ernährung der Bacterien macht.

Thatsächlich stehen denn auch, wie Hueppe[1]) in seiner Besprechung der Fokker'schen Arbeit angibt, des Letzteren Resultate in schroffem Gegensatz zu den oft wiederholten Versuchen von Hueppe selbst, seinen Schülern und Richet. Nach diesen Autoren gerinnt gerade umgekehrt frische Milch bei Gegenwart bestimmter Milchsäureerreger schneller und wird mehr Säure gebildet, als in sterilisirter Milch bei Anwesenheit derselben Bacterien.

Um bacterienvernichtende Eigenschaften der frischen Milch in toto nachzuweisen, muss man mit Hülfe der gegenwärtig gebräuchlichen und für unsere Zwecke ausreichenden Methoden, wenn man nicht auf Irrwege gerathen will, so vorgehen, wie es durch uns geschah.

Man muss in erster Linie mit Reinculturen von bekannten Bacterien die Versuche anstellen.

Thut man das nicht und beschränkt man sich dann noch wie Fokker, hauptsächlich auf Säurebestimmungen, so kann es leicht sein, dass zufälliger Weise Mikroorganismen anwesend sind, von denen die einen die Säure theilweise zerstören, die durch andere gebildet wird. Beispielsweise können neben Säure-bildenden Bacterien Säure-verzehrende Schimmel vorhanden sein. Man würde also hier eine kleinere, wechselndere Säuremenge erhalten, als wenn man von vornherein mit Reinculturen gearbeitet hätte.

Sodann muss man grosse Mengen Milch mit verhältnismässig kleinen und bekannten Mengen Bacterien impfen, in systematischer Weise nach verschiedenen Zeiten mit grösseren und gleichen Milchmengen Platten anlegen und so die Anzahl der Bacterien zu bestimmen suchen. Nur wenn man so verfährt, kann man Gewissheit darüber erlangen, ob thatsächlich eine Abnahme, eine Abtödtung von Keimen erfolgt oder nicht.

1) Hyg. Rundschau, 1891, Nr. 4, S. 156.

Diese quantitative Bestimmung der Bacterien garantirt begreiflicherweise eine viel grössere Sicherheit und Genauigkeit als Coagulationsbeobachtungen und Säurebestimmungen.

Fokker selbst hat denn auch sehr wechselnde Resultate erhalten, auf die hier nicht weiter einzugehen ist.

In unseren Versuchen nun traten, wie die erhaltenen Zahlen darthun, bacterienvernichtende Eigenschaften der Milch durchaus nicht zu Tage[1].

Höchstens könnte man von einer zeitweiligen Hemmung oder Verlangsamung der Wachsthumsenergie, wie sie sich in treffender Weise in den obigen Berechnungen der Generationsdauer darstellt, sprechen.

Aber diese zeigt sich in gleicher Weise auch bei Uebertragung unserer Bacterien in Nährbouillon, ist also nichts Specifisches für die Milch. Um diese Uebereinstimmung besser zum Ausdruck zu bringen, stelle ich die analogen Bouillon- und Milchversuche in folgender Tabelle (S. 67) zusammen.

---

1 Auf dem XI. internationalen medicinischen Congress zu Rom machte Hesse (s. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XVII, S. 238 und Deutsche Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXVI, H. 4, S. 652) eine Mittheilung »Ueber Beziehungen zwischen Kuhmilch und dem Cholerabacillus«. Er behauptete hiebei auf Grund von Versuchen, dass frische, rohe Kuhmilch nicht nur kein Nährboden für Cholerabacillen sei, sondern dass diese sogar in ihr zu Grunde gehen — bei Zimmertemperatur spätestens in 12 Stunden, bei Brüttemperatur bereits in 6 bis 8 Stunden. Die Abtödtung der Cholerabacillen sei unabhängig von dem Säuregehalt der Milch und von den Milchkeimen und deren Stoffwechselproducten, sondern sei vielmehr als eine Lebensäusserung der Milch selbst anzusehen, die mit dem Erhitzen der Milch auf 100° augenblicklich erlischt. Hesse erkannte also der Milch als solcher bacterienvernichtende Eigenschaften zu.

Da die Behauptungen Hesse's sich nicht gut mit den von uns gemachten Erfahrungen vereinbaren liessen, es aber immerhin möglich war, dass die Cholerabacillen sich in der Milch anders verhielten als unsere Bacillen, so unternahm ich bei der grossen, practischen Tragweite dieser Frage im Auftrage von Prof. Forster eine Nachprüfung der Hesse'schen Versuche, soweit sie sich auf bactericide Eigenschaften roher Milch bezogen.

Eine genauere Beschreibung dieser Versuche behalte ich mir in einer besonderen Mittheilung vor. Hier sei jetzt nur ausdrücklich die Thatsache betont, dass von einer Abtödtung der Cholerabacillen in roher Kuhmilch auf Grund unserer Resultate gar

Nr. der Platte	Zeit nach der Impfung	Anzahl der Colonien in Bouillon	Anzahl der Colonien in Milch
1	direct	1 140	956
2	2 Minuten	1 130	940
3	5 »	1 160	980
4	10 »	1 170	1 004
5	15 »	1 150	985
6	20 »	1 260	1 000
7	30 »	1 400	1 028
8	45 »	1 350	1 010
9	60 »	1 400	1 080
10	75 »	1 420	1 056
11	90 »	1 480	1 090
12	150 »	1 500	1 178
13	210 »	1 610	1 256
14	24 Stunden	ca. 150 000 000	ca. 1 625 000
15	Verdünnungen von 13 mit je 40,0 mg	ca. 600 000	ca. 6 500
16		ca. 2 400	26
17		10	—
1	direct	532	630
2	10 Minuten	550	655
3	20 »	610	640
4	30 »	558	690
5	50 »	580	640
6	60 »	562	700
7	120 »	604	745
8	165 »	696	830
9	24 Stunden	ca. 78 500 000	ca. 1 500 000
10	Verdünnungen von 9 mit je 70,0 mg	ca. 550 000	ca. 10 700
11		ca. 3 900	76
12		27	—

keine Sprache sein kann — weder bei Zimmer- noch bei Brüttemperatur. Nicht allein bleiben die Cholerabacillen in der Milch am Leben, sondern es kommt selbst innerhalb aller Vegetations-Temperaturen der Cholerabacillen alsbald zu einer reichlichen Vermehrung derselben, wenn sie in Milch übertragen werden.

Wir können also nur vor dem Rathe Hesse's warnen, in Cholerazeiten Kuhmilch nicht ohne Noth zu erhitzen — oder gar rohe Milch prophylactisch und curativ gegen Cholera asiatica zu verwerthen.

Man ersieht aus der Tabelle ohne Weiteres das Uebereinstimmende des Verhaltens der Bacterien in der Bouillon und in der Milch. Nirgends eine Verminderung der Keime, sondern in verhältnismässig kurzer Zeit schon eine deutliche Zunahme.

Das, was noch aus dieser Vergleichung hervorgeht, ist die Thatsache, dass in frischer Milch die Vermehrung der Bacillen nicht gleich schnell von Statten geht, wie in Löffler'scher Bouillon. Während in dieser ein Generationswechsel, im Mittel für 24 Stunden bei einer Temperatur von ca. 22° berechnet, in ungefähr 84 Minuten stattfindet, erfolgt ein solcher in der Milch erst in ca. 130 Minuten.

Nachdem nun so festgestellt war, dass nach intraperitonealer und subcutaner Impfung der Bacillus bovis morbificans bei Meerschweinchen bereits nach 45, resp. 60 Minuten in reichlicher Menge im Blutstrom anwesend ist, und weiter dass von einer Abtödtung der in der Mamma ausgeschiedenen Bacterien durch bactericide Stoffe in der Milch keine Sprache sein kann, wurden die Versuche über die Ausscheidung der Bacterien an milchgebenden Thieren in Angriff genommen.

Bevor ich zur Beschreibung dieser Versuche übergehe, möchte ich Herrn Prof. Forster auch hier wieder meinen tiefen Dank für die jeder Zeit bereitwillige Unterstützung während der vorhergehenden und nachfolgenden Untersuchungen aussprechen.

I. Versuche an Meerschweinchen.

Zu den Impfversuchen an Meerschweinchen wurden im Ganzen 6 Mütter verwandt und zwar wurde bei den drei ersten die intraperitoneale und bei den drei letzten die subcutane Injection in Anwendung gebracht. Zu den intraperitonealen Impfungen verwandte ich ca. 24 Stunden alte, bei 37° gewachsene Bouilloncultures und zu den subcutanen gleich alte und bei gleicher Temperatur gezüchtete Agarculturen. Dort injicirte ich ½ ccm der Bouillon und hier ca. 4,8 mg der Cultur, in ½ ccm physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, unter die Haut an der inneren Schenkelfläche.

Das erste Meerschweinchen wurde einige Stunden post partum geimpft, die zwei anderen der ersten Reihe ungefähr 3 Tage post partum, da nach dieser Zeit die Jungen auch ohne Säugung seitens der Mutter weiterleben können. Bei diesen beiden Müttern wurde nur je ein Junges belassen, um eine gute Milchsecretion zu behalten.

Bei den drei subcutanen Versuchen wurde die Impfung stets innerhalb der ersten 15 Stunden nach dem Geburtsact vorgenommen.

Bei allen Thieren wurde kurz vor der Impfung eine Milchprobe entnommen, um zu sehen, ob sich eine bacterienfreie oder doch wenigstens eine möglichst bacterienfreie Milch in der gleich zu beschreibenden Weise gewinnen liess, so dass der Gang der Untersuchung durch Verunreinigungen nicht etwa zu sehr gestört wurde. Die Resultate fielen in befriedigender Weise aus. Allerdings gelang es nur in zwei Fällen, vollkommen sterile Milch zu erhalten — soweit die Gelatineplatten ergaben —; jedoch entwickelten sich auch in den anderen Fällen auf den mit den Milchproben angelegten Gelatineplatten nur vereinzelte Colonien, so dass von dieser Seite keine Schwierigkeiten zu befürchten waren.

Die Gewinnung der Milch fand so statt, dass nach dem Abschneiden der Haare um die zwei Zitzen die ganze Eutergegend zuerst mit 1/00 Sublimatlösung, alsdann mit Alkohol und Aether und schliesslich mit sterilisirtem Wasser gehörig gereinigt wurde. Streicht man dann unter sanftem Drücken von der Peripherie der Mamma aus nach den Zitzenöffnungen hin, so gelingt es stets, mehrere Tropfen Milch zu erhalten. Es ist gut, eine grosse, sterile Platinspirale auf die Zitzenöffnung zu halten, die sich alsdann mit Milch vollsaugt. Auf diese Weise habe ich für die Anfertigung der Platten in der Regel ca. 300 mg Milch gewonnen.

Für diese Manipulation wird das Meerschweinchen, auf dem Rücken liegend, auf die Impfbank aufgespannt.

Um noch am Tage der Impfung selbst möglichst viele Milchproben zu entnehmen, wurde dieselbe stets morgens vorgenommen.

Der Kürze und besseren Uebersicht halber will ich die Resultate der ersten drei intraabdominalen Impfversuche in folgenden Tabellen zusammenstellen.

Die Gelatineplatten wurden in den Brütschrank bei 24° gebracht und nach ca. 4 Tagen gezählt, von welcher Zeit an keine besondere Vermehrung der charakteristischen Colonien mehr wahrzunehmen war.

Meerschweinchen Nr. 1.

Geimpft einige Stunden post partum.

Zeit der Milchentnahme nach der Impfung	Menge der Impfmilch	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans	Tod
1/2 Stunde	ca. 300 mg	0	ca. 40 Stunden nach der Impfung
1 »	»	0	
2 Stunden	»	0	
4 »	»	0	
6 »	»	0	
22		0	
27 »	»	ca. 200	
32 »	»	ca. 300000	
Nach dem Tode	ca. 250 mg	ca. 2500000	

Meerschweinchen Nr. 2.

Geimpft ca. 3 Tage post partum.

Zeit der Milchentnahme nach der Impfung	Menge der Impfmilch	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans	Tod
1/2 Stunde	ca. 300 mg	0	ca. 70 Stunden nach der Impfung
1 »	»	0	
3 Stunden	»	0	
5 »	»	0	
7	»	0	
24 »		0	
26		0	
32 »		0	
49	»	ca. 250000	
54	ca. 300 mg	ca. 300000	
56 »	»	ca. 500000	
Nach dem Tode	ca. 250 mg	ca. 4000000	

Meerschweinchen Nr. 3.

Geimpft ca. 3 Tage post partum.

Zeit der Milchentnahme nach der Impfung	Menge der Impfmilch	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans	Tod
1/2 Stunde	ca. 300 mg	0	ca. 52 Stunden nach der Impfung
1 »	»	0	
2 Stunden	»	0	
4 »	»	0	
6 »	»	0	
8 »	»	0	
24 »	»	0	
26 »	»	0	
29 »	»	0	
32 »	»	0	
48 »	ca. 20 mg	ca. 50 000	
49 »	ca. 40 mg	ca. 100 000	
50	ca. 20 mg	ca. 80 000	
51 »	ca. 80 mg	ca. 500 000	
Nach dem Tode	ca. 160 mg	ca. 1 000 000	

Trotzdem sich also, wie vorher ausgeführt, die eingeimpften Bacterien bereits 45 Minuten nach intraperitonealer Injection in grösserer Menge im Blutstrom nachweisen lassen und auch so in den Gefässen der Mamma circuliren, findet eine Ausscheidung der Bacterien in die Milch erst nach längerer Zeit statt und zwar zu einer Zeit, in der das Thier auffällige Erscheinungen heftigen Krankseins zeigt und der Tod nicht mehr fern ist. Frühestens gelang der Nachweis 21 Stunden ante mortem. Ist es aber einmal so weit gekommen, dann werden die Bacterien auch in ganz bedeutender Anzahl ausgeschieden. Weiter ersieht man aus den Tabellen, dass die Menge der Bacterien in der Milch grösser wird, je mehr das Ende des Thieres herannaht, während die Milchsecretion stark abnimmt. Wo weniger als 300 mg Milch zur Plattenanlage verwandt wurden, wie beim Meerschweinchen Nr. 3, liessen sich keine grösseren Mengen als die angegebenen gewinnen.

Man kann die Milchdrüse in unserem Fall nicht als ein Organ auffassen, dessen sich der Organismus als eines Abwehrmittels bedient, um in den Säftestrom gerathene Krankheits-

erreger so schnell wie möglich zu entfernen. Das deckt sich auch vollkommen mit den bei der Harn- und Gallensecretion gemachten Erfahrungen[1]).

Auf der anderen Seite erscheint aber die Thatsache einer massenhaften Ausscheidung pathogener Mikroben durch die thätige Milchdrüse von nicht zu unterschätzender hygienischer Bedeutung.

Noch schärfer tritt die Zeitdifferenz in dem ersten Erscheinen der Bacterien im Blut und in der Milch bei den drei subcutan geimpften Thieren hervor. Wie sich früher herausgestellt hatte[2]), erliegen Meerschweinchen einer subcutanen Injection mit dem Bacillus bovis morbificans erst in ca. 12—14 Tagen. Bei den Mutterthieren trat allerdings bei tödtlicher Infection der exitus letalis etwas früher ein, was wohl auf eine durch den Geburtsact verursachte Schwächung des Widerstandsvermögens des Organismus zurückzuführen sein wird. Man hat also hier eine viel längere Zeit der Beobachtung gegenüber dem verhältnissmässig schnellen Tod nach intraabdominaler Injection.

Ich lasse für diese drei Fälle ähnliche Tabellen wie vorher folgen.

Meerschweinchen Nr. 4.

Zeit d. Milchentnahme nach der Impfung	Menge der Impfmilch	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans	Tod
½ Stunde	ca. 300 mg	0	ca. 9 Tage nach der Impfung
1 ›	›	0	
2 Stunden	›	0	
5 ›	›	0	
8	›	0	
1 Tag	›	0	
1 › 8 Stunden	›	0	
2 Tage	›	0	
3 ›	›	0	
4 ›	›	0	

1) Siehe Einleitung S. 47.

2) Archiv f. Hygiene, 1894, Bd. XX, H. 3, S. 242.

Meerschweinchen 4. (Fortsetzung.)

Zeit d. Milchentnahme nach der Impfung	Menge der Impfmilch	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans	Tod
4 Tage 6 Stunden	ca. 300 mg	0	ca. 9 Tage nach der Impfung
5 »	»	0	
6 »	»	0	
7 »	»	ca. 1 000	
7 » 4 Stunden	»	ca. 600	
8 »	ca. 100 mg	ca. 50 000	
8 » 4 Stunden	»	ca. 60 000	
8 » 8 »	»	ca. 200 000	
Nach dem Tode	ca. 150 mg	ca. 2 000 000	

Meerschweinchen Nr. 5.

Dieses Thier erlag der Infection nicht. In den ersten Tagen waren keine Krankheitserscheinungen wahrzunehmen. Etwa vom fünften Tage ab liess der Appetit nach; das Thier hockte still in einer Ecke seines Behälters. Die Athmung war verlangsamt und tief, nicht wie bei normalen Meerschweinchen schnell und oberflächlich. Allmählig erholte sich das Thier aber und nach etwa 14 Tagen schien es wieder gesund.

Trotz täglich wiederholter Milchentnahme konnte nicht ein einziges Mal die Anwesenheit der eingebrachten Bacterien in der Milch nachgewiesen werden.

Wie bereits in der vorher citirten Arbeit festgestellt war, starben nur etwa 87 % der Meerschweinchen nach subcutaner Injection. Dieses Thier gehörte also entweder zu denjenigen, die von Haus aus eine grössere Widerstandsfähigkeit unseren Krankheitserregern gegenüber hatten; oder es war auch möglich, dass dieses Mutterthier gerade eines von jenen Thieren war, die schon lange Zeit vorher eine Infection durch Verfütterung unserer Bacillen erfolgreich überstanden hatten und wieder — gegen unsere Absicht, da wir dies stets möglichst zu zu vermeiden trachteten — zum Vorrath der Versuchsthiere gekommen waren. Wir hätten es alsdann mit einer künstlichen Immunität zu thun, über die später noch Versuche angestellt werden sollen.

Meerschweinchen Nr. 6.

Zeit d. Milchentnahme nach der Impfung	Menge der Impfmilch	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans	Tod
1/2 Stunde	ca. 300 mg	0	ca. 11 Tage nach der Impfung
1 »	»	0	
6 Stunden	»	0	
1 Tag	»	0	
2 Tage	»	0	
3 »	»	0	
4 »	»	0	
5 »	»	0	
6 »	»	0	
7 »	»	0	
8 »	»	0	
9 »		ca. 100	
9 » 6 Stunden	»	ca. 500	
10 »	ca. 100 mg	ca. 30 000	
10 » 2 Stunden	ca. 40 mg	ca. 20 000	
10 » 4 »	ca. 80 mg	ca. 60 000	
10 » 7 »	ca. 100 mg	ca. 100 000	
Nach dem Tode	ca. 80 mg	ca. 1 500 000	

Krankheitsverlauf und Sectionsbefunde deckten sich im Allgemeinen mit den früher von mir beschriebenen, und weise ich daher auf diese zurück. Ebenso starben in Uebereinstimmung mit den früher gemachten Erfahrungen die bei den Mutterthieren belassenen Jungen im Zeitraum von 5—7 Tagen nach dem Erscheinen der Bacterien in der Milch — mit Ausnahme des einen Jungen bei Meerschweinchen Nr. 5. Es gelang auch hier wieder, die bei dem Saugact mit der Milch aufgenommenen, der Mutter injicirten Bacterien in den Organen der Jungen nachzuweisen. Diese gleichsam natürliche Infection der Jungen stimmte also gut übererein mit den Resultaten der aus der Milch angefertigten Platten.

Aus den Tabellen ersieht man, dass erst lange Zeit nach der Impfung, bei zu dieser Zeit bereits stark auffälligen Krankheitserscheinungen der Impfthiere, in einem Falle am 7., im zweiten Falle erst am 9. Tage der Uebertritt der Infectionserreger in die Milch stattfindet. Es erhellt hieraus zur Genüge, dass so ohne

Weiteres keine Ausscheidung der Bacterien aus dem Säftestrom durch die sezernirende Mamma erfolgt, sondern dass eine solche erst dann eintritt, wenn allgemeine, deutlich sichtbare Krankheitserscheinungen sich offenbaren und so der ganze Organismus in Mitleidenschaft gezogen ist.

Welche speciellen Veränderungen hier nun Platz gegriffen haben, lag vorläufig nicht im Kreise unserer Untersuchungen. Uns war es vorderhand nur darum zu thun, festzustellen, ob und wann die thätige Milchdrüse pathogene Keime ausscheide und ob sie etwa die Rolle spielen könne, in kürzester Zeit nach stattgehabter Infection die Krankheitserreger selbstthätig aus dem Organismus zu entfernen. Das Letztere scheint auf Grund unserer Experimente nicht der Fall zu sein.

Dass dieser abwehrende Eliminationsvorgang auch bei unseren Nutzthieren nicht stattzufinden scheint, ergeben die folgenden Versuche.

II. Versuch an einer Milchziege.

Kleines, aber kräftiges Thier. Partus war einige Monate vor der Impfung erfolgt. Das Thier gab täglich ungefähr $^{3}/_{4}$ l Milch.

Am 27. Mai morgens wurden ca. 4,0 ccm einer wie vorher angegebenen Bouilloncultur rechterseits in die Bauchhöhle gebracht.

Es war auch hier von Werth zu wissen, ob und wann die eingeimpften Bacterien sich im Blute nachweisen liessen. Zu diesem Zwecke wurden dem Thiere zu verschiedenen Zeiten Blutproben entzogen und bediente ich mich dabei folgenden Verfahrens, das einfach in seiner Handhabung fast mit Sicherheit Verunreinigungen ausschliesst und grössere Mengen Blut zu gewinnen gestattet.

Eine Koch'sche graduirte Spritze von mehreren Cubikcentimetern Inhalt, deren Canüle möglichst weit und stark ist, wird sorgfältig sterilisirt. Nachdem man dann im Verlauf der Vena jugularis eine Strecke weit die Haare kurz weggeschnitten oder wegrasirt hat, die ganze Halsgegend erst mit warmem Wasser und Seife gut gereinigt, mit Sublimat desinficirt und mit sterilisirtem Wasser abgespült hat, sticht man nach Compression der Vene die Canüle, an der die Spritze gut festsitzen muss,

mit einem Ruck in die Jugularis ein. Der Ballon ist hierbei eingedrückt und der Hahn geschlossen. Ist man in der Vene, so öffnet man erst den Hahn und lässt dann unter langsamem Freiwerden des Ballons das Blut in die Spritze einlaufen. Man zieht jetzt schnell die Spritze heraus und gibt das Blut in die bereit gehaltene, flüssige Gelatine in Mengen, die man ablesen kann. Man muss nur vom Beginn des Ausziehens ab schnell handeln, um eine Gerinnung des Blutes in der engen Canüle zu verhindern. Thut man das, so wird man mit dieser Methode gute Erfolge erzielen und lässt sich dieselbe auch beim Menschen intra vitam z. B. an einer Armvene leicht und schmerzlos anwenden.

Ich verwandte für die Anlagen der Platten meist 1,0 ccm Blut. Das Ergebnis der Blutimpfungen ist in folgender Tabelle verzeichnet.

Bluttabelle.

Zeit	Blutmenge	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans
27. Mai mittags	1 ccm	0
27. » abends	2 »	0
28. »	1 »	6
29. »	1 »	16
30. »	1 »	4
31. »	2 »	0
1. Juni	1 »	0
2. »	1 »	0
3. »	2 »	0

Temperaturtabelle.

Datum	Tageszeit	Temperatur	Datum	Tageszeit	Temperatur
27. Mai	Vor der Impfung	40,1	30. Mai	abends	41,7
			31. »	morgens	40,4
27. »	mittags	40,4	31. »	abends	40,4
27. »	abends	40,6	1. Juni	morgens	39,9
28. »	morgens	40,4	1. »	abends	40,2
28. »	abends	40,9	2. »	morgens	39,9
29. »	morgens	40,7	2. »	abends	40,0
29. »	abends	41,6	3. »	morgens	39,8
30. »	morgens	41,0	3. »	abends	40,0

Am Tage nach der Impfung war die Ziege unlustig und frass wenig. Am 3. und 4. Tage lag das Thier viel; die Fresslust war ganz aufgehoben. Wenn es zum Aufstehen bewegt wurde, so stand es da mit gekrümmtem Rücken, mit gesenktem Kopf und glanzlosen Augen, die Haare gesträubt. Doch erholte sich das Thier verhältnismässig schnell, so dass es nach etwa 8 Tagen wieder den Eindruck des Gesundseins machte.

Aus der Bluttabelle ersieht man, dass es gelang am 2., 3. und 4. Impftage die eingebrachten Bacterien im Blute nachzuweisen. Jedoch war ihre Menge gegenüber den Befunden beim Meerschweinchen nur eine geringe, im Maximum am 3. Tage 16 pro ccm. Da wir bis jetzt bei unseren Bacterien die Bildung toxischer Stoffe nicht feststellen konnten und die durch dieselben verursachte Krankeit als eine reine Infectionskrankheit — zu der Gruppe der Septicämien gehörend — auffassen müssen, so steht vielleicht die geringe Anzahl der im Blute anwesenden Bacterien mit der verhältnismässig leichten Erkrankung des Thieres in gutem Einklang. Aber auch hier zeigte es sich wieder, dass der Körper sich der in die Blutbahn eingedrungenen Bacterien durch die Milchsekretion nicht entledigt. Denn es gelang bei 8 Tage lang fortgesetzter Milchentnahme nicht ein einziges Mal, die injicirten Bacterien in der Milch aufzufinden, trotzdem durch die Anlage der Blutplatten die Anwesenheit derselben an 3 Tagen sicher gestellt war.

Die Gewinnung der Milch geschah in ähnlicher Weise, wie bei den oben beschriebenen Versuchen, die mit Bezug auf etwaige bactericide Eigenschaften der Milch an Kühen angestellt waren. Nach gehöriger Reinigung der Eutergegend wurde die erste Milch weggemolken und die nun folgende in sterilen Gläsern aufgefangen.

Da man für die Anlage von Gelatineplatten nicht gut mehr als 1 ccm Milch zur Platte verwenden kann, um eine zu starke Undurchsichtigkeit zu vermeiden, es aber möglich war, dass in grösseren Milchmengen doch noch vereinzelte Bacterien anwesend waren, so wurden selbst bis zu 50,0 ccm der steril gewonnenen Ziegenmilch zur Beobachtung in den Brütschrank bei 37° gesetzt. Wären Bacterien in der Milch vorhanden gewesen, so würde bei dem günstigen Nährboden und bei der günstigen

Temperatur schon bald eine starke Entwickelung eingetreten sein. Dies war aber nicht der Fall, die Milch blieb steril.

Dieser Versuch lehrt also, dass, wenn keine schweren Krankheitserscheinungen auftreten, trotz Anwesenheit von Bacterien im Säftestrom des Körpers ein Uebertritt derselben in die Milch nicht stattfindet.

III. Versuch an einer Milchkuh.

Gesundes Thier in mittelmässig gutem Nährzustande, isst und trinkt vor der Impfung gut, gibt täglich ungefähr 3 bis 4 l Milch.

Die Impfung erfolgte am 8. Juni und zwar intraperitoneal mit ca. 10,0 ccm Bouilloncultur in die Mitte der rechten Hungergrube.

Auch bei diesem Versuche wurde getrachtet, die Zeit des Erscheinens der Bacterien in der Blutbahn und in der Milch festzustellen.

Die Blutproben wurden in derselben Weise wie bei der Ziege mittels einer Koch'schen Spritze entnommen, nur diente hier statt der Vene jugularis eine der grösseren Venen an der äusseren Seite der Ohrmuschel zur Entnahme des Blutes. Man bindet hierbei die Ohrmuschel an ihrem unteren Ende mittels eines starken Bindfadens ab.

Die Reinigung der Eutergegend und die Milchgewinnung fand wie bei der Ziege statt.

Die Ergebnisse der Blut- und Milchplatten sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Bluttabelle.

Zeit	Blutmenge	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans
8. Juni abends	1,0 ccm	0
9. » morgens	1,0 »	8
9. » abends	1,0 »	24
10. »	2,0 »	60
11. » morgens	1,0 »	ca. 800
11. » abends	1,0 »	ca. 1000

Milchtabelle.

Zeit	Menge der Impfmilch	Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans
8. Juni abends	Es wurden jedes Mal 4 Platten	0
9. » morgens	angelegt:	0
9. » abends	Platte 1) 1,0 ccm	0
10. »	» 2) 0,5 »	0
11. » morgens	» 3) 160 mg	ca. 1240
11. » abends	» 4) 80 »	ca. 3000

Temperaturtabelle.

Datum	Tageszeit	Temp.	Datum	Tageszeit	Temp.
7. Juni	morgens (vor der Impfung)	38,7	9. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	39,4
7. »	mittags (vor der Impfung)	38,7	10. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,4
7. »	abends (vor der Impfung)	38,9	10. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,4
8. »	morgens (vor der Impfung)	38,7	10. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,8
8. »	mittags	38,9	11. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,0
8. »	abends	39,1	11. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,0
9. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,6	11.	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,0
9. »	An jedem Tage morgens, mittags und abends	38,7	12.	morgens	37,0

Schon am Tage nach der Impfung entleerte das Thier dünne, wässerige Fäces, war lustlos, frass wenig und lag viel. Am folgenden Tage waren die Fäces hier und da mit Blut gemischt. Esslust fast vollkommen aufgehoben. Herzschlag und Herztöne nicht wahrzunehmen. Puls frequent, sehr klein, drahtförmig, kaum fühlbar. Athmung erschwert, 22 bis 25 Mal in der Minute. Das Thier war Tags darauf nur mit vieler Mühe zum Aufstehen zu bewegen, verweigerte Futter und Wasser. Die wässerigen Fäces hatten einen penetranten Geruch. Am Morgen des 12. Juni trat unmerklich der Tod ein.

Wie aus den vorstehenden Tabellen zu ersehen ist, gelang der Nachweis der intraperitoneal eingebrachten Bacterien in dem kreisenden Blute bereits innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Impfung. Ihre Zahl nimmt mit jedem Tage zu; so waren am 9. Juni nur 8, am Abend vor dem Tode bereits 1000 Bacterien in 1,0 ccm Blut vorhanden.

Aber erst 2 Tage später als im Blut, am Morgen des 11. Juni, war die Anwesenheit der Bacterien in der Milch festzustellen. Dies war zu einer Zeit, als das Thier bereits die schwersten Allgemeinerscheinungen zeigte.

Auch bei der Kuh findet man also die Bacterien in der Milch erst längere Zeit nach ihrem ersten Erscheinen im Blute, entsprechend den früheren Befunden bei Meerschweinchen. Auch hier findet keine Ausscheidung der Bacterien durch die thätige Milchdrüse statt, bevor nicht, aus den Krankheitserscheinungen zu urtheilen, der ganze Organismus in Mitleidenschaft gezogen ist.

Bemerkenswerth ist übrigens der Unterschied in der Menge der bei Meerschweinchen und der Kuh in die Milch ausgeschiedenen Bacterien. Dort waren intra vitam bis zu 6000000, hier nur ca. 1000 im Cubikcentimeter zu constatiren. Einigermaassen verständlich wird aber dieser grosse Unterschied, wenn man auch die Mengen der im Blute der Meerschweinchen und der Kuh anwesenden Bacterien in Betracht zieht. Dort circulirten im Blutstrom pro Cubikcentimeter bis zu Hunderttausenden, hier nur bis zu Tausend.

Die Section erfolgte unmittelbar nach dem Ableben des Thieres. Vor dem Abhäuten wurde nach sorgfältiger Reinigung und Desinfection der Eutergegend durch Druck von der Peripherie der Mamma nach den Zitzen hin noch Milch gewonnen, diese direct mit einer sterilen Platinspirale beim Ausfliessen aufgenommen und in Gelatine gebracht. In dieser ca. 1 Stunde post mortem gewonnenen Milch war die Anzahl der eingeimpften Bacterien eine sehr grosse. In den mit je ca. 80 mg Milch angelegten Platten entwickelten sich ungefähr 30000 Kolonien, so dass sich die Menge der in 1,0 ccm vorhandenen Bacterien auf ca. 375000 berechnet. Bei der Section fand sich:

In der Bauchhöhle etwa 4—5 l trübe, leicht röthliche und mit massenhaften Fibrinflocken versetzte Flüssigkeit. Auf dem Peritoneum und auf den Bauchorganen starke, an einigen Stellen, so in der Umgebung der Impfstelle, halbfingerdicke fibrinöse Auflagerungen. Leber und Milz parenchymatös degenerirt. An der Oberfläche der Leber zerstreute, erbsengrosse Herde in geringer Zahl. Die Rindensubstanz der Niere schwach grau verfärbt. Im Darm die Peyer'schen Plaques mässig geschwollen; hier und da, besonders im Dickdarm kleine verwischte Blut-

ergüsse in die Schleimhaut. In den Pleurasäcken etwa 1 l leicht hämorrhagisch gefärbte Flüssigkeit. Herz fast leer. Die Musculatur hatte ein normales Aussehen.

Aus den Exsudaten, dem Darm, dem Herzen, der Leber und der Milz, den Nieren und den Lungen, von der Schnittfläche des Euters und von der Muskulatur wurden je mit etwa 40 mg Substanz Gelatineplatten angelegt — nur aus dem Dünn- und Dickdarm wurden je 1,6 mg und von der Muskulatur ein erbsengrosses Stück, gut zerkleinert, für die Anfertigung der Platten verwendet.

Die Platten wurden bei 24° gehalten und nach 5 Tagen gezählt. Die folgende Zusammenstellung gibt eine Uebersicht der entwickelten Kolonien:

40,0 mg	Peritonealexsudat . .	ca.	16000	Colonien
	Pleuralexsudat . . .	»	6000	»
1,6 mg	Dünndarm	»	400	»
	Dickdarm	»	4000	»
40,0 mg	Herzblut	»	250	»
	Lungen	»	60	»
	Leber	»	500	»
	Milz	»	200	»
	Nieren	»	40	»
	Euterschnittfläche . .	»	1000	»
	Muskulatur	»	100	»

Nicht uninteressant war der Unterschied in den Mengen der eingeimpften Bacterien im Dünn- und Dickdarm. Dort überwog bei weitem das Bacterium coli commune und hier der Bacillus bovis morbificans. Das Verhältnis war etwa wie 1:10. Worauf dieser auffallende Unterschied zurückzuführen ist, lässt sich vorläufig nicht angeben. Möglich ist, dass die Verschiedenheit der Reaction im Dünn- und Dickdarm hierbei eine einflussreiche Rolle spielt.

Ich fasse hier kurz noch einmal die Resultate der im Vorstehenden beschriebenen Versuche zusammen:

1. Der Bacillus bovis morbificans lässt sich bei Meerschweinchen nach intraperitonealer Injection

innerhalb 45 Minuten und nach subcutaner Injection in einer Stunde im Blute in grösseren Mengen nachweisen. Bei der Ziege und der Kuh war seine Anwesenheit im Blute innerhalb der ersten 24 Stunden nach interperitonealer Impfung festzustellen. Die Anzahl der Bacterien im Blut nimmt mit der Schwere der Erkrankung zu.

2. Der Bacillus bovis morbificans wird durch die thätige Milchdrüse in bedeutenden Mengen ausgeschieden, die selbst grösser sind, als die zu gleicher Zeit in einem gleich grossen Volumen Blut enthaltenen. Die Ausscheidung der Bacterien erfolgt aber erst längere Zeit nach ihrem ersten Erscheinen im Blute und erst dann, wenn bereits schwerere Krankheitssymptome sich offenbaren. Die Menge der ausgeschiedenen Bacterien wird grösser, je mehr das Ende des Thieres herannaht.

3. Die Milchdrüse ist nicht als ein Organ aufzufassen, dessen sich der Körper als ein Abwehrmittel bedient, um in den Säftestrom gerathene, pathogene Keime so schnell wie möglich zu entfernen.

4. Frische, steril aufgefangene Kuhmilch besitzt gegenüber dem Bacillus bovis morbificans keine bactericiden Eigenschaften und verhalten sich die Bacterien in ihr nicht wesentlich anders als in Löffler'scher Bouillon.

5. Die Generationsdauer eines Bacterium lässt sich bestimmen durch die Gleichungen:

$$x = \frac{t}{y}$$

$$y = \frac{\log \frac{b}{a}}{\log 2}$$

$$x = \frac{t \cdot \log 2}{\log b - \log a}$$

Die Bedeutung der Buchstaben ist im Vorhergehenden (s. S. 58) angegeben.

Vom hygienischen Standpunkte aus erscheint die Thatsache einer massenhaften Ausscheidung pathogener Bacterien mit der Milch von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Allerdings wird die Gefahr der Uebertragbarkeit der infectiösen Keime durch die Milch derartig erkrankter Kühe auf Mensch und Thier dadurch mehr oder weniger eingeschränkt, dass wohl in vielen Fällen von den Eigenthümern die Milch solcher Kühe nicht in den Handel gebracht wird und besonders, dass die Milchsecretion bei schwererer Erkrankung stark abnimmt.

Jedenfalls ist aber die Möglichkeit der Uebertragung vorhanden, und die Gefahr wird grösser, wenn derartig inficirte Milch bei grösseren Viehständen mit anderer guter Milch zusammengegossen und diese Mischmilch dann in den Handel gebracht wird. Neben der grösseren Verbreitung der Krankheitserreger fällt hier nämlich vor allem schwer ins Gewicht, dass unsere Bacterien sich noch bei einer Temperatur von 8—9° vermehren können[1]).

---

1) In einer Besprechung unserer Untersuchungen über die im Schlachtfleische gefundenen infectiösen Bacterien (Archiv f. Hyg., Bd. XX, S. 242) bemerkt Prof. Lehmann (Münch. Medic. Wochenschr., 1894, Nr. 28, S. 563), dass sich durch Anwendung von »Agar und Brutschrank« an Stelle der Gelatineplatten bei 24° C. die Zeit abkürzen lasse, in der die eventuelle Anwesenheit unserer Bacterien im Schlachtfleische festgestellt werden könne. Selbstverständlich sind unsererseits Agarculturen und Züchtungen bei 37° nicht übersehen worden. Die von uns für die Zurückhaltung des Fleisches nothgeschlachteter Thiere festgesetzte Zeit von 2 Tagen (oder Nächten) ist die Maximalzeit. Sind die beschriebenen Bacterien im Fleisch vorhanden, so erhält man bei Anwendung von Gelatineplatten bereits nach 16 bis 20 Stunden makroskopisch deutlich sichtbare, nicht verflüssigende Colonien, also in einer Zeit, innerhalb welcher das Fleisch wohl kaum in den Consum kommt. Zeigen sich nach Ablauf hievon keine Colonien, so müsste man doch auch bei Benützung von Agar und bei höheren Züchtungstemperaturen noch eine bestimmte Zeit warten, um mit voller Sicherheit überzeugt zu sein, dass weiter keine Bacterien-Entwickelung statthatt; es ist doch eine auf Erfahrung beruhende Thatsache, dass die Wachsthumsenergie von Bacterien, die ihren Ausdruck in der Generationsdauer findet, durch mancherlei Umstände, die auch im kranken Thiere vorhanden sein können, alterirt wird. Mit Rücksicht hierauf kamen wir zu der »Grenzzeit« von

Die von uns gefundenen pathogenen Fleischbacterien kommen offenbar nicht so selten vor. Wir erinnern an die Thatsache, dass sie durch uns innerhalb kurzer Zeit zweimal[1]) aus verdächtigem Fleisch herausgezüchtet werden konnten. In einem weiteren Falle, in dem uns das Untersuchungsmaterial in freundlicher Weise von dem Director des hiesigen städtischen Gesundheitsamtes, Herrn Dr. Saltet, zur Verfügung gestellt war, fand ich Bacillen, die, soweit die Untersuchung bis jetzt gediehen ist, in allen Eigenschaften mit den früher beschriebenen Bacterien übereinkommen. Es handelte sich in diesem Falle um Kalbfleisch, nach dessen Genuss eine ganze Familie erkrankt war. Nach den Angaben der Hausfrau war das Fleisch durch und durch gebraten. Es liess sich daher wohl annehmen, dass, wenn etwa unsere Bacillen anwesend gewesen wären, sie durch die angegebene Zubereitung des Fleisches abgetödtet sein würden. Bei der Untersuchung zeigte es sich aber, dass im Innern des Fleischstückes um die Knochen herum noch eine 2—3 cm dicke Fleischschicht sich befand, in der, nach dem roten frischen Aussehen nach zu urtheilen, die Coagulationstemperatur der Muskeleiweisse und des Blutfarbstoffes, also eine Temperatur von 70° C. sicherlich nicht erreicht war. So konnte es denn auch kommen, dass in dem gebratenen Fleische doch noch lebende Bacterien anwesend waren. Man ersieht hieraus wiederum, wie wenig man auf einfache Angaben bauen darf, wenn es sich um die Entscheidung handelt, ob wirklich durch und durch gebratenes oder gekochtes Fleisch zum Genuss gekommen ist. Schon früher

2 Tagen, deren genauere Regelung wir übrigens gerne der Praxis überlassen. Der Anwendung von Agarculturen stellen sich übrigens einige Schwierigkeiten entgegen. Auf dem Lande z. B. stehen nicht jedem Untersucher Brutapparate zur Verfügung; die Herstellung von Agar-Platten, die hier doch gemacht werden müssten, ist ausserhalb des Laboratoriums ebenfalls mit mehr Umständen und selbst Beschwerden verknüpft, als die der Gelatineplatten; und endlich liefert die Gelatinecultur charakteristische Colonien, die Agarcultur nicht, wodurch man bei ersterer vor Irrungen mehr geschützt ist, als bei letzterer. F.

1) Archiv für Hygiene, Bd. XX, H. 3, S. 291.

habe ich auf denselben Umstand bei der Besprechung der Cotta'schen[1]) Fleischvergiftung hingewiesen.

Noch zwei andere Fälle von Fleischvergiftung kamen in letzter Zeit in hiesiger Stadt vor. Es gelang uns aber nicht, hiervon Material zur Untersuchung zu erheben, da leider das beschuldigte Fleisch bereits verschwunden und die nach dem Fleischgenusse Erkrankten schon genesen waren, als die Fälle zu unserer Kenntnis kamen.

Die Resultate unserer Untersuchungen über den Uebergang der Bacterien in die Milch liefern auf's Neue den Beweis für die Zweckmässigkeit des bekannten Rathes, nicht bloss das Schlachtfleisch, sondern auch die Kuhmilch nicht in rohem Zustande zu geniessen. Um in dieser Hinsicht die von Seiten unserer Bacillen drohenden Gesundheitsschädigungen zu vermeiden, muss die Milch vor dem Consum erhitzt werden.

Dies kann durch Kochen in den Haushaltungen oder durch die Lieferung der sog. »sterilisirten« oder »bacterienfreien« Milch im Grossen durch Milchgeschäfte u. s. w. geschehen. Die letztere Weise, besonders die Lieferung in geschlossenen Flaschen, die am Haushaltstische geöffnet und wieder geschlossen werden können, bei denen also auch eine nachträgliche Verunreinigung, z. B. auch im Hause durch Dienstboten ausgeschlossen werden kann, ist daher nach der Auffassung von Prof. Forster selbst bei partieller Sterilisirung — trotz der theilweise berechtigten Warnungen Flügge's[2]), der offenbar nur die für Ernährung von Säuglingen und nicht die für baldigen, allgemeinen Gebrauch in Städten bestimmte Milch im Auge hat — dem vielfach unsicheren Erwärmen der Milch in der Familie vorzuziehen.

Doch bedarf es in unserem Falle auch nicht einmal einer Erhitzung, bei welcher die Milch durch den Eintritt des bekannten Kochgeschmackes und der Verfärbung verändert und so für viele Personen weniger angenehm wird. Für den allgemeinen Consum genügt es, die Milch derartig zu behandeln,

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, H. 3, S. 286.
2) Zeitschrift für Hygiene, Bd. XVII, S. 272, 1894.

wie es von Prof. Forster[1]) auf Grund der Untersuchungen von v. Geuns und de Man vorgeschlagen ist. Man setzt hierzu die Milch während mindestens ½ Stunde in geschlossenen Flaschen der Einwirkung einer Temperatur von 65—68° C. aus.

Diese Behandlung der Milch wurde hier auf Grund eines Gutachtens von Prof. Forster zuerst durch eines der Milchgeschäfte Amsterdams in systematischer Weise zugepasst. So erwärmte Milch wurde unter dem Namen »Krankheitskeimfreie Milch« in den Handel gebracht, und hat bei den Consumenten alsbald eine so gute Aufnahme gefunden, dass die meisten der hiesigen Milchgeschäfte derartig benannte Milch ihren Kunden ebenfalls liefern.

Allerdings muss eine solche Milch, ebenso wie die »sterilisierte« Milch des Handels einer ständigen Controlle unterworfen werden, damit nicht ein wissentlich oder unwissentlich falsch oder ungenügend behandeltes Nahrungsmittel unter hygienischer Flagge in den Consum kommt, das nicht den an dasselbe zu stellenden Anforderungen entspricht. Eine solche Ueberwachung unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden wird seitens des hiesigen Gesundheitsamtes in unserem Laboratorium durch Dr. Ringeling seit ungefähr Jahresfrist ausgeübt. Wohl sind die Ergebnisse der zum ersten Male ausgeführten Controle nicht allzu glänzend ausgefallen, wie aus der Veröffentlichung von Dr. Saltet[2]), dem Director des städtischen Sanitätswesens dahier, zu ersehen ist; aber gerade dadurch wird die Nothwendigkeit einer hygienischen Aufsicht, die von Flügge[3]) gefordert, in der Stadt Amsterdam aber practisch geübt wird, in helles Licht gesetzt.

Amsterdam, November 1894.

1) Hygienische Rundschau, III, Nr. 15, 1893.

2) Der Gesundheitsdienst von Amsterdam. Hygien. Rundschau, 1894, Nr. 15, S. 682 u. ff.

3) a. a. O.

Barchent 1 : 50.



Fig. 1.

Leinen 1 : 50.



Fig. 2.

Seide 1 : 50.



Fig. 3.

Winterkleidung eines Mannes.



Fig. 4.

Flanell (Wolle) 1 : 20.

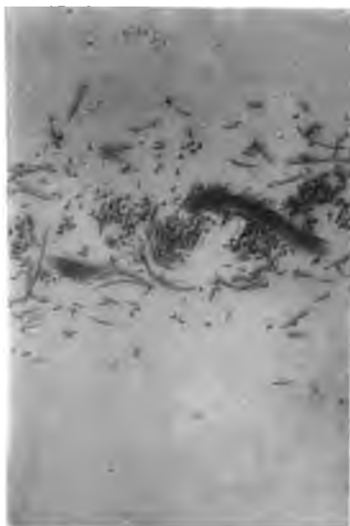


Fig. 5.

Kleiderstoff (Wolle) 1 : 20.

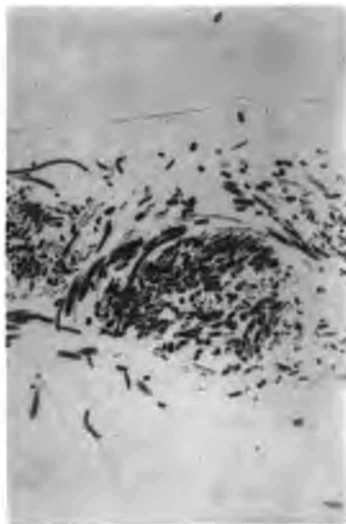


Fig. 6.

Trikothemd (Wolle) 1 : 20.



Fig. 7.

Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

I. Theil: Wirkung der Wärmestrahlung auf den Menschen.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Einleitung.

Die Abhängigkeit der Gesundheit des Menschen von den Bedingungen seiner äufseren Umgebung gilt als alter, zu allen Zeiten anerkannter Lehrsatz der Medicin; vorzüglich sind es gewisse Zustände der Atmosphäre im Freien, welche man als schädigende Ursachen angeschuldigt hat, noch ehe man sie genauer zu definiren und zu bestimmen verstand. Aber auch heute noch gehören diejenigen Einwirkungen auf die Gesundheit, welche die häufigsten sind und im täglichen Leben die grösste Wichtigkeit haben, zu den wenigst genau studirten. Und doch haben Hygiene, Klimatologie und medicinische Statistik wesentliches Interesse an diesen Dingen.

Ueber die Einwirkung der Wärme auf den menschlichen Organismus hatte man bis zu Anfang der Siebziger Jahre nur recht unvollkommene Vorstellungen und selbst die Fundamentalfragen waren noch Gegenstand des Streites. Die Fragen der Wärmewirkung sind von allergrösster Bedeutung, da wir ja jederzeit den Einwirkungen derselben ausgesetzt sind. Jeder Gegenstand kann warm oder kalt sein, und überall in der Natur findet ein beständiger Ausgleich der Wärme mit der Kälte statt.

Wie die Geschichte der letzten Jahrzehnte lehrt, sind unsere Beziehungen zu der Temperatur der umgebenden Gegenstände äusserst mannigfaltige; der Organismus bedient sich eines complicirten Apparates, um allen Aufgaben gerecht zu werden. Doch vermögen wir uns jetzt von den verschiedenartigsten Vorkommnissen richtige Vorstellungen zu machen und Erklärungen der Erscheinungen im täglichen Leben zu geben.

Aber noch haben wir keineswegs nach allen Richtungen dieses Gebiet abgebaut, oder auch nur in Angriff genommen. Nicht nur die Hygieniker, sondern namentlich auch die Klimatologen haben noch grosse und wichtige Aufgaben zu lösen.

Betreffs der Temperaturschwankungen, soweit dieselben mit dem im Schatten aufgehängten Thermometer gemessen werden können, besitzen wir umfassende klimatologische Aufzeichnungen und fast jeder Laie ist im Besitze eines solchen Wärme messenden Instrumentes. Es gehört zum Inbegriff des Gebildeten, dass er mit einem solchen Instrument umzugehen versteht und allmählich geht dem grösseren Kreise der Bevölkerung ein Verständnis für die Benutzung des Thermometers auf und was noch wichtiger ist, man richtet sich in der Beurtheilung der Wärme nach diesem Instrument und nicht ausschliesslich nach dem jeweiligen Gefühl der Wärme.

Es gibt aber noch ein weites und grosses Gebiet der Wärmemessung, für das es uns bis zu einem gewissen Grade an einem Instrumente zu allgemeiner Anwendung gebricht, nämlich für die Messung der strahlenden Wärme der Sonne, sowie der Strahlung terrestrischer Gegenstände. Nicht dass uns etwa über dieselbe jegliche Kenntniss fehlte. Vorarbeiten und einige Studien über die Strahlungswirkung an verschiedenen Orten liegen wohl vor, aber sie gehen in ihren Forschungsergebnissen kaum darüber hinaus, dass sie uns eben auffordern, dies neue Gebiet zu bebauen. Wir wissen, dass exacte Messungen der strahlenden Wärme die Erklärung für die eigenthümlichen Verhältnisse des Höhenklimas geben müssen. Wer dieses nur nach den Schattentemperaturen beurtheilen wollte, würde ganz irre gehen. Instrumente zur Beurtheilung der strahlenden Wärme besitzen

wir wohl; es ist nur zu wünschen, dass sie in Zukunft mehr gebraucht werden.

Abgesehen von der Strahlung gibt es aber noch zahlreiche andere Einflüsse, welche eingehenderer Untersuchung harren. Die Aufgaben der hygienischen Forschung auf diesem Gebiete scheinen vielen Autoren, wie die neuere Literatur darthut, ganz unbekannt zu sein. Manche meinen, die Bedeutung der Wärme, Feuchtigkeit und andere Momente dieser Art, sei für die Hygiene damit abgethan, dass man das Instrumentarium, dessen man sich bedient und bedient hat, beschreibt, und durch die von den Klimatologen gesammelten Daten über verschiedene Factoren des Klimas ergänzt. So wichtig und bedeutungsvoll diese Dinge auch sind, den Inbegriff dessen, wessen sowohl der Klimatologe als auch der Hygieniker bedarf, stellen sie nicht dar. Wir müssen nicht nur wissen, wie man die einzelnen Vorgänge in unserer Umgebung mit Instrumenten verfolgt, und wie wir unsere unvollkommenen Sinne zu ergänzen haben, sondern die wesentlichste Aufgabe der Hygiene besteht in der Erforschung der Rückwirkungen äusserer Vorgänge auf unseren Körper.

Die Instrumente machen ihre Angabe nach einer vereinbarten Maasseinheit; das Thermometer und das Strahlungsthermometer in Graden einer vereinbarten Scala, das Hygrometer in % der relativen Feuchtigkeit. Ein weiteres Studium unsererseits erfordert, dass man den menschlichen, oder wo dieser nicht angewendet werden kann, den thierischen Organismus mit dem Instrument vergleicht. Der Organismus und das Instrument gehen meist verschieden.

Solche Vergleichungen hat man schon mehrfach durchgeführt; man weiss, wie das Getriebe in unserem Körper abläuft, wenn man die mit dem gewöhnlichen Thermometer zu messende Temperatur steigen und fallen lässt; man hat die Veränderungen der Organismen verglichen, während das Hygrometer verschiedene Angaben machte, und auch für die strahlende Wärme liegen bereits solche Vergleichungen und Justirungen der Organismen vor, so dass wir wenigstens in grossen Zügen ein Bild dieser

Vorgänge haben. Es hat sich herausgestellt, dass unser Organismus eine sehr complicirte Arbeitsmaschine ist, und dass die äusseren Einflüsse der Luftwärme, Sonnenstrahlung, Feuchtigkeit den Gang dieser Maschine sehr ungleich beeinflussen können.

Aus dem Gebiete der hier einschlägigen Fragen möchte ich in dem Folgenden Eines herausgreifen, was wegen der unzählig häufigen Anwendung ausserordentlich praktisches Interesse beanspruchen kann: die Wärmestrahlung irdischer Quellen der Strahlung.

Der Wärmestrahlung begegnen wir ja nicht allein in jenem mächtigen Einflusse der Besonnung, sondern tagtäglich im Leben bei der Bestrahlung durch terrestrische Gegenstände. Die von einem See oder der Meeresfläche reflectirte Sonnenwärme kann für die Wärme eines Ortes wichtig und bemerkbar werden, der Hochofenarbeiter, der Glasbläser, Hüttenarbeiter stehen unter dem Einflusse einer ganz gewaltigen Erhitzung, aber auch in unserer Wohnung und Behausung stehen wir mit den mannigfachsten Gegenständen im Austausch strahlender Wärme. Wir werden gestört, belästigt, geschädigt.

Aus diesem grossen Gebiete mannigfaltiger Rückwirkung der Wärmestrahlung auf unseren Organismus sei für die nächstfolgenden Abhandlungen nur eine Reihe von Erscheinungen im Interesse wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung erörtert — die Wärmestrahlung unserer Lichtquellen.

Die Wärmestrahlung der Lichtquellen kann, vom physikalischem Standpunkt aus betrachtet, gewiss nichts Einheitliches sein, aber zunächst mag sie als ein Solches behandelt sein. Die specielleren Fragen werden später eingehender zu erörtern sein. Der Wärmestrahlung begegnen wir in den verschiedenartigsten Fällen und Formen.

Die Wärmestrahlung des Lichtes kann etwas Angenehmes und Willkommenes sein, in anderen Fällen wird die Strahlung unwillkommen, störend, und so leitet sie mittels aller möglichen Uebergangsstufen zu jenen Zuständen, welche als Schädigungen bezeichnet werden müssen.

Die übermässigsten und schwersten Formen der Störung werden uns im Rahmen dieser Untersuchung zunächst nicht beschäftigen.

Die strahlende Wärme wird in ihrer stärkeren Einwirkung von Layet[1]) als die Ursache schwerer Erkrankungen angesehen. Die Erfahrung, meint Layet, zeige, dass bei Grobschmieden, Glashüttenarbeitern, Arbeitern an Puddelöfen u. s. w. eine grosse Zahl von Encephaliten und Meningiten vorkommen.

Eine andere krankhafte Folgeerscheinung der strahlenden Wärme sei das Vorkommen von Gesichtsstörungen bei Arbeitern, welche der Gluth ausgesetzt sind.

Die frühere Annahme, die strahlende Wärme setze ein disponirendes Moment für das Auftreten des grauen Staares, scheint nicht mehr aufrecht erhalten zu werden. Layet glaubt aber, eine Einwirkung der Hitze auf die Retina annehmen zu dürfen, deren Empfindlichkeit sie stören. Die Strahlung erzeuge Verkleinerung der Pupille, und durch Reflexcontraction entstehe Erschöpfung des Accommodationsmechanismus. Deswegen tragen derartige Arbeiter auch so häufig Convexbrillen.

Ich werde mich in dem Folgenden speciell mit den Einwirkungen der strahlenden Wärme beschäftigen, welche keine dauernden Nachtheile der Gesundheit hervorrufen.

Die Wirkung der strahlenden Wärme im Allgemeinen.

Die üblichen Lichtquellen sind nie die Ursache einer hochgradigen allgemeinen Störung, wie wir dieselbe genauer bei der Sonnenstrahlung kennen gelernt haben und wie solche in dem Sonnenstich und Hitzschlag in potenzirterer Form uns entgegentritt. Eigenartig ist vielmehr ihre Wirkung nur durch den Umstand, dass aus naheliegenden Gründen ausschliesslich gewisse Theile unseres Körpers von der Wärme und dem Licht getroffen werden.

Eine specielle Untersuchung der Wärmewirkung auf unsere Empfindung ist sicherlich unbedingt erforderlich, weil derartige

1) Gewerbepathologie und Gewerbehygiene von Layet, 1877, S. 21.

Prüfung für den Ablauf der Erscheinungen bei Bestrahlung der Gesichtshaut überhaupt fehlen. Es wird zu untersuchen sein, ob die störenden Wirkungen überhaupt der Wärme proportional sich verhalten, oder ob individuelle Einflüsse wesentliche Modificationen hervorrufen. In vielen Dingen entspricht derselben äusseren Ursache im Organismus oder in dessen Funktionen nicht immer derselbe Effect. Die Variabilität der Wirkung ist bereits für die Temperatur und Feuchtigkeit erkannt. Es würde sich weiter darum handeln, auch bestimmte Grenzwerthe zu finden, welche in hygienischer Hinsicht als Anhaltspunkte für die Aufstellung unserer Lichtquellen dienen können.

Bei diesen Untersuchungen leiten mich wesentlich und in erster Linie die hygienischen Ziele, und ich muss mir versagen, auf manche, das physiologische Gebiet streifende Fragen näher einzugehen.

Ich habe schon im Jahre 1887 eine Reihe hierher gehöriger Versuche ausgeführt, bei denen die Wärmewirkung einer von dem Beobachter entfernten oder ihm genäherten Lampe geprüft wurde.

Die Störung durch Wärmestrahlung ist ein ungemein häufiges Vorkommnis, welches vielfach zu bedauerlichen Störungen Veranlassung gibt. Die Versuche, über welche nachstehend berichtet werden wird, stellen sich folgende Aufgaben:

Die Versuchsperson soll bei einer genau bekannten Lichtquelle feststellen, welche Empfindungen durch die Bestrahlung hervorgerufen werden.

Das Probelicht war ein Argandbrenner, hatte bei einem Stundenconsum von 132,8 l 15 Kerzen Helligkeit und gab bei 37,5 ccm Abstand von einem Galvanometer einen Ausschlag von 70,2° der Scala eines Spiegelgalvanometers.

Der Kopf war gut fixirt. Der Abstand des Lichtes genau gemessen. Die Person hielt theils die Augen offen, theils geschlossen und machte ihre Angaben ohne nähere Kenntnis des Abstandes des Lichtes. Die Flammenhöhe wird mittels Spiegelablesung genau bestimmt. Der Cylinder rein von Trübungen

gehalten. Die Einwirkung wird solange belassen, bis eine Constanz der Empfindungen eingetreten ist. Dann eine längere Pause gemacht und wieder geprobt.

Die auftretenden Gefühle sind:

Zunächst unbestimmtes Wärmegefühl,

Wärmeempfindung an den Augen und der Nasenwurzel,

dann unangenehmes, spannendes Gefühl an der Stirne,

Brennen der Augen unter Thränensecretion, hochgradige Trockenheit der Augen, neben dem Gefühl der Hitze.

Die Symptome treten bei der Versuchsperson in regelmässiger Reihenfolge auf.

Von Störungen durch in die Augen dringende Wärmestrahlen ist gewiss bei diesen Experimenten nicht das geringste zu fürchten. Der Wärmeantheil, welcher in das Innere des Auges eintritt, macht entschieden keinerlei nachtheilige Wirkung. Von Tyndall wird ein äusserst interessanter Versuch, den zu wiederholen manche Schwierigkeit haben dürfte, angeführt. Er sammelte die dunkle Wärmestrahlung eines Bogenlichtes und brachte das Auge in den Brennpunkt dieser mächtigen dunklen Strahlung, ohne irgend eine störende Empfindung hervorzurufen, während ein nachträglich in den gleichen Brennpunkt gehaltenes Platinblech in Weissgluth gerieth.[1])

Abgesehen von dem Hitzegefühl war mir persönlich stets die langanhaltende Trockenheit der Augen ein sehr lästiges Symptom. Sie bringt auch eine gewisse Unsicherheit im Sehen mit sich; es legt sich wie Nebel vor die Augen.

Auch von anderer Seite finde ich die austrocknende Wirkung strahlender Wärme schon betont.

Durch heisse Flammen, sagt Cohn[2]), wird die Feuchtigkeit der Bindehaut des Auges zu schnell verdunstet, es tritt ein Gefühl von Trockenheit im Auge ein; das Auge und der Kopf werden erwärmt, es entsteht Kopfschmerz, der am weiteren Arbeiten hindert.[2])

---

1) Die Wärme. 3. Aufl., S. 546.

2) Berliner klin. Wochenschrift, 1886, Nr. 12.

Bezüglich des Kopfschmerzes scheint es mir nicht ausgemacht, ob man allgemein, bei allen Personen, dieses Symptom erwarten darf.

In oben berührter Weise habe ich an mir selbst eine Reihe von Prüfungen vorgenommen, auf die ich später zurückkomme. Sehr umfangreiche Prüfungen hat in meinem Laboratorium Dr. Reichenbach angestellt, über dessen Ergebnisse die folgende Tabelle einen Ueberblick gibt. (Siehe Tabelle I auf S. 96 und 97.)

Dieselbe enthält genaue Angaben über die Empfindungen und über die Entfernungen der Lampe, bei welcher dieselben sich bemerkbar machten. Wie bei allen Probungen des Gefühles sind alle feineren Einwirkungen in ihrer Messung mit gewissen Irrthümern im Urtheil behaftet. Wer die äusserste Grenze der Empfindlichkeit prüfen will, wird eine Reihe von falschen Urtheilen abgeben. Die Unsicherheit wird immer geringer, je stärker der Reiz wird. —

Die einzelnen Reihen zeigen eine befriedigende Uebereinstimmung, so dass — für viele Betrachtungen ist dies wünschenswerth — Mittelwerthe abgeleitet werden können.

Die Empfindlichkeit für die Wärme ist bei einzelnen Personen, wie ich aus Erfahrung weiss, verschieden. Am häufigsten setzt die Bebartung bei Männern die Wärmeempfindlichkeit herab; die Hohlhand ist ebenso empfindlich oder empfindlicher wie die Gesichtshaut. Sehr kleine Unterschiede lassen sich noch wahrnehmen, wenn man den Kopf abwechselnd hin und her dreht und der Bestrahlung bald die linke, bald die rechte Gesichtshälfte darbietet. Die Feinheit des Empfindens wird durch eine vorherige stärkere Erwärmung sehr abgestumpft; eine gebeugte Haltung darf nicht eingenommen werden. Völlig unbrauchbare Werthe findet man, wenn die Stirn- und Gesichtshaut etwas feucht von Schweiss ist.

Die Versuchsergebnisse thun in Kürze dar, wie mit Annäherung der Lampe die Störung immer mehr zunimmt. Da wir als Wärmequelle einen Argandbrenner benutzten, so könnte man

den Einwand machen, dass bei den Störungen vielleicht neben der dunklen Wärmestrahlung in besonderer Art auch die leuchtende Strahlung in Betracht komme.

Die Vermuthung, es möchte sich bei dieser Bestrahlung durch ein künstliches Beleuchtungsmaterial noch um Nebenwirkungen des Lichtes handeln, lässt sich auf ihre Berechtigung durch das Experiment prüfen. Zu diesem Zwecke habe ich vor einer Bogenlampe, welche in einem Gehäuse mit kreisrundem Ausschnitt sich befand, ein Glasgefäss mit planparallelen Wänden (0,7 cm Glasdicke) im ganzen 6,5 cm dick, mit kaltem Wasser gefüllt, aufgestellt. Dieses Glasgefäss deckt völlig die eben genannte runde Oeffnung im Gehäuse. An dieses Glasgefäss brachte ich mein Gesicht nahe heran, so dass die Stirnhaut in etwa 15 cm von dem Bogenlicht selbst sich befand.

Die Bogenlampe liefert im ganzen (K. I.) 874,5 Spermacetkerzen (= 774,8 Normalparaffinkerzen); denke ich mir diese Lichtfülle für die Entfernung von 15 cm, d. h. die Gesichtsfläche in Meterkerzen berechnet, so erhalte ich 38478 Spermacetmeterkerzen (= 34091 Normalparaffinkerzen). In den früher genannten Versuchen waren bei einem Abstand von 60 cm höchstens 40 Paraffinmeterkerzen gegeben; bei den Bogenlichtexperimenten wurde 9619 mal soviel Licht wie in den früheren Experimenten auf die Haut geworfen. Trotz dieser Lichtfülle konnte ich nach mehreren Minuten nichts anderes als ein ganz unbestimmtes Gefühl bemerken, das aber sicher nicht als Wärme oder gar als unangenehme Wärme bezeichnet werden konnte. Es ist anzunehmen, dass bei diesem Versuch ein Durchtritt von dunklen Wärmestrahlen überhaupt nicht möglich war.

Ich habe diesen Versuch mehrfach auch an anderen Personen bei noch grösserer Lichtstärke unter Zwischenschaltung einer Alaunfüllung des oben genannten Gefässes wiederholt und stets mit dem gleichen Erfolge; entweder war überhaupt nichts zu fühlen, oder nur das Gefühl einer leichten Bestrahlung vorhanden, das vielleicht etwas an die Art der Sonnenstrahlung erinnert.

Tabelle

Entfernung cm	t. = 13° 11. XI. Geöffnete Augen	t. = 13,5° 12. XI. Morgens. Geöffnete Augen	t. = 14 bis 16° 12. XI. Nachm. Geöffnete Augen
100	—	—	—
95	—	—	—
90	—?	—	—?
85	—	—	—
80	**Eben** Unterschied	—	**Eben** Unterschied
75	—	—	—
70	Desgl.	**Eben** Unterschied	**Deutl.** Unterschied
65	—	—	—
60	**Deutlicher** Unterschied	Desgl.	Desgl.
55	—	—	—
50	Schwaches **Wärmegefühl**	Schwaches **Wärmegefühl**	Schwaches **Wärmegefühl**
45	—	—	—
40	Desgl.	Desgl.	Deutl. Wärmegefühl
35	—	—	—
30	Deutl. Wärmegefühl	Deutl. Wärmegefühl	Starkes Wärmegefühl, keine Belästigung
25	Nach 5 Min. ○ lästig Augen u. Nasenwurzel	Lästig ○ nach 3 Min.	Nach 5 Min. keine erhebliche Belästigung
20	Desgl. 2 Min.	Desgl.	Lästig ○ Stirn und Augen
15	Schmerz auf Stirn und Augen	Brennen bes. im med. Augenwinkel	Sehr unangenehm
10	Schmerz auf der Stirn, Thränensecretion	Sehr starkes Brennen in den Augen	Desgl.
5	—	Schmerz auf Stirn und Augenthränen	Desgl. besonders Stirn

I.

t. = 14° 12. XI. Nachm. Geschloss. Augen	t. = 14° 12. XI. Nachm. Geschl. Augen	t. = 13° 13. XI. Geschl. Augen In umgekehrter Reihenfolge geprüft	t. = 14° 13. XI. 12 h 30 Min. Geschloss. Augen
—	—	—	—
—?	—	—	—
—	—	—	—
Eben Unterschied	—?	—	—
—	—?	—	—
—	—	—?	—
Deutl. Unterschied	Eben Unterschied	—?	—
Desgl.	—	—	Schwacher Unterschied
—	Deutl. Unterschied	Deutl. Unterschied	Deutl. Unterschied
—	—	—	—
Schwaches Wärmegefühl	Desgl.	Desgl.	Desgl.
—	Schwaches Wärmegefühl	—	Schwaches Wärmegefühl
Deutl. Wärmegefühl	—	Schwaches Wärmegefühl	—
Desgl.	Deutl. Wärmegefühl	Deutl. Wärmegefühl	Deutl. Wärmegefühl
Desgl. keine Belästigung	Desgl. keine Belästigung	—	—
—	—	Leichtes ○ Brennen, unangenehm	Ganz leichtes Brennen auf der Stirn
Leichte ○ Belästigung	Läst. ○ Wärme auf den Augen	Brennen auf der Stirn, lästig	Lästiges Brennen auf Stirn u. Augen
Lästig, Brennen in d. Augen, Thränensecretion	—	—	—
Starkes Brennen in den Augen	—	—	—
—	—	—	—

Bei dem Symptomencomplex, welchen wir also in meinen Experimenten durch die Bestrahlung mittels der üblichen Beleuchtungseinrichtungen auftreten sahen, kann es sich einzig und allein nur um die Einwirkung der Wärme gehandelt haben und jede Nebenwirkung des Lichtes ist offenbar auszuschliessen.

Nun könnte man mir einwenden, dass das Licht aber doch zum Theil in unserer Haut absorbirt werden müsse, und dass es einen thermischen Werth der leuchtenden Strahlung gebe, weshalb also das Licht bei der Wärmeempfindung mitspielen müsse.

Theoretisch ist dieser Einwand richtig; aber die quantitativen Verhältnisse, welche ich später auseinander setzen werde, entscheiden dahin, dass wir von dem Wärmeeffect der Lichtstrahlen, wie es die vorstehenden Experimente schon zeigen, ganz absehen dürfen, solange es um die Anwendung terrestrischer Lichtquellen sich handelt.

Eine Ausnahme würde anscheinend nur der Fall bilden, dass die kurzwelligen Strahlen durch irgend ein Medium in unsere Haut in Wärmstrahlen abgeführt werden. Aehnliches ist möglicherweise in der Negerhaut gegeben, so weit wir wenigstens vermuthen dürfen. Aber auch für diese Fälle kann man annehmen, dass das Wärmeäquivalent irdischer Lichtquellen vorläufig in praxi vernachlässigt werden kann. Somit bleiben auch die üblichen Verschiedenheiten der Nuancen der Hautfarbe der weissen Rasse gewiss ohne Belang.

Die practische Frage, welche man unmittelbar aus unseren Untersuchungen ableiten könnte, wäre die, dass man auf Grund derselben entscheiden kann, bis auf welche Nähe man einen Argandbrenner bestimmter Grösse an das Gesicht heranrücken kann, ehe seine Strahlung als belästigend empfunden wird. Hieran würden sich unzweifelhaft unzählige andere Beobachtungen ähnlicher Art mit allem möglichen Beleuchtungsgeräth anschliessen müssen, eine Aufgabe, welche endlose Opfer an Mühe und Zeit erfordern würde, ehe sie alle im täglichen Leben vorkommenden Möglichkeiten erschöpft hätte.

Wir müssen uns bemühen, einen andern Weg einzuschlagen und dem Thema eine präcisere und zugleich weittragendere

Fassung geben. Vor allem müssen wir zunächst ganz davon absehen, wie der Gegenstand, mit dem wir experimentirten, beschaffen war und nur die eine Wirkung herausgreifen, dass er durch strahlende Energie, und in überwiegendem Grade durch strahlende Wärme eine Belästigung hervorrief. Gehe ich von dieser letztgenannten Vorstellung aus, so kann ich mir über die Beziehung der wirkenden Kräfte insoferne leicht ein Bild verschaffen, als man die Reihenfolge der unter verschiedenen Umständen ausgelösten Empfindungen mit dem Maasse der Entfernungen und zwar den Quadraten derselben in Relation setzt. Aber damit würde man auch wieder nicht alle Schwierigkeiten überbrücken, denn wir sollen die wirksamen Kräfte nicht nur mit den Empfindungen, sondern namentlich auch mit den von den Leuchteinrichtungen ausgehenden Strahlungsgrössen vergleichen. Es ist also die Benützung eines Instrumentes für die Messung der Wärmestrahlung von Anfang an nicht zu entbehren. Zu vergleichenden Untersuchungen eignet sich vor allem gut die Thermosäule; ich habe sie in Verbindung mit einem Nobili'schen Multiplikator, wie auch einer Wiedemann'schen Boussole, je nach dem Grad der Genauigkeit, der beansprucht werden sollte, benützt.

Ich will im Folgenden als Grösse der vorhandenen Wärmestrahlung immer die Anzahl der Scalentheile angeben, welche mit meinem Galvanomter[1]) zu messen waren.

Nach dieser Excursion wollen wir die Besprechung der Ergebnisse weiter aufnehmen.

Wähle ich aus der Tabelle S. 96 die Mittelwerthe für die Empfindungen und Entfernungen, so hat die Versuchsperson die Bestrahlung eben wahrgenommen bei 68,7 cm Abstand vom Argandbrenner, einen deutlichen Unterschied wahrgenommen bei 63 cm, Wärme gefühlt bei 47 cm und hochgradige Störung bei 23 cm. Da, wie gesagt, mir die Wärmestrahlung der Lampe genauer bekannt war, so kann ich an Stelle dieser Entfernungen

1) Ich habe deren zwei benützt; das eine wird als Galvanometer A bezeichnet, das andere als B. Letzteres ist doppelt so empfindlich wie A.

direct die Wirkungen der Lampe setzen. Ich bemerke dabei, dass die Argandlampe natürlich nicht direct für alle Entfernungen geprüft werden kann. Man muss geeignete Abstände der Thermosäule von dem Argandbrenner, einer starken Wärmequelle festhalten; daraus lässt sich die Strahlung für andere Stellungen absolut genau durch Rechnung finden.

Aus den Versuchen lässt sich folgern:

Ein deutliches Gefühl der Bestrahlung wurde wahrgenommen bei	248 Sc. d. Galvanom.
deutliches Wärmegefühl bei	447 » » »
eine unangenehme, für die Dauer unerträgliches Störung bei	1860 » » »

Die Wärmemengen, welche eine Empfindungsänderung hervorrufen, nehmen anfänglich langsam, später rasch zu und wenn wir die deutliche Wahrnehmbarkeit mit der Grenze der unerträglichen Wärmestrahlung vergleichen, so wachsen die Wärmemengen um das 7.5fache.

Unsere vorläufig adoptirte Vergleichsweise gibt uns ein Mittel, noch einiges Weitere über den Ablauf der thermischen Empfindung bei der Bestrahlung zu erfahren.

Wenn wir den Zweck verfolgen, für die verschiedenen Beleuchtungsmaterialien eine Grenze zu finden, bis zu welcher sie dem Körper genähert werden dürfen, so hat es den Anschein, dass eine solche Grenzbestimmung ziemlich leicht zu erreichen sei, weil man ja die Wärmestrahlung der Lichtquelle mit unserer Messung zu vergleichen in der Lage ist.

Das anscheinend so einfache Problem wird aber gleich verwickelter, wenn man andere Versuchsbedingungen wählt. Es ist einleuchtend, dass bis zu einem gewissen Grade die Empfindungen, welche ausgelöst werden, ebensowohl von der Menge der eindringenden Wärme abhängen müssen, als von der Menge der Strahlung eines leuchtenden Körpers, und auch von dem Wärmezustand der Haut. Ueber die näheren Beziehungen dieser beiden Factoren ist zwar zunächst nichts bekannt, aber der allgemeine Satz wird richtig sein. Da ich nun in anderen Versuchen am Menschen bereits gefunden hatte, dass die Haut-

temperatur des Gesichts innerhalb gewisser Grenzen mit der Temperatur variirt, so war der Fingerzeig gegeben, dass diejenigen Einflüsse, welche die Hauttemperatur ändern, auch unsere thermische Empfindung der bestrahlenden Wärme beeinflussen werden. Wir müssen daher diesen Factor, die schwankende Luftwärme, mit in Betracht ziehen.

Bestrahlung und Einfluss äusserer Umstände.

Ich habe deswegen noch eine zweite Versuchsreihe anstellen lassen, bei welcher die Stubentemperatur beträchtlich erhöht war. Allerdings darf es bei diesen Versuchen nicht dahin kommen, dass die Versuchsperson zu schwitzen beginnt, da die Schweisssecretion ganz andere Bedingungen zu schaffen in der Lage ist. Die Ergebnisse dieser Versuche, welche Dr. Reichenbach an sich vorgenommen hat, habe ich nach folgender Tabelle zusammengestellt. (Folgt Tabelle II auf S. 102 und 103.)

Die Entfernungen, auf welche die Bestrahlung gefühlt, deutlich wahrgenommen, Wärme gefühlt wird oder Belästigung vorhanden war, ergaben durchgängig höhere Werthe, als bei niederer Lufttemperatur, indem die Abstände 92, 70, 61, 34 cm für die genannten Empfindungen waren.

In der geheizten Stube waren die Wärmemengen, welche deutliche Empfindung, Wärmegefühl und Störung auslösten, also andere.

Deutliches Gefühl von Bestrahlung konnte schon bei 174° Sc. des Galvanometers wahrgenommen werden, warm wurden 265° Sc. bezeichnet und störend waren 849° Sc.

Erhöhte Lufttemperatur beeinflusst den Effect also sehr wesentlich. Um eine deutliche Empfindung der Bestrahlung hervorzurufen, sind im überheizten Raum nur $^{7}/_{10}$, um eine deutliche Wärmeempfindung zu erzeugen nur $^{6}/_{10}$ und um lästig zu fallen $^{45}/_{100}$ derjenigen Wärme nöthig, die bei 13—14° dieselbe Empfindungsreihe auslöst. Die störenden Symptome werden also durch immer kleiner werdende Wärmezuschüsse hervorgerufen. Die individuellen

Tabelle

Entfernung cm	t. = 20° 14. XI. Vorm. Offene Augen	t. = 24° 14. XI. Nachm. Offene Augen	t. = 23,5° 14. XI. Nachm. Geschlossene Augen
100	—	—	— ?
95	—	—	**Unterschied?**
90	— ?	**Unterschied?**	Unterschied
85	—	—	Desgl.
80	— ?	Unterschied	**Deutl.** Unterschied
75	—	—	Desgl.
70	**Unterschied**	Desgl.	Desgl.
65	—	—	**Ganz schwaches Wärmegefühl**
60	**Deutl.** Unterschied	**Deutl.** Unterschied	Deutl. Unterschied
55	—	—	?
50	Schwaches **Wärmegefühl**	**Deutl. Wärmegefühl**	Deutl. Wärmegefühl
45	—	—	Sehr deutl. Wärmegefühl
40	Deutl. Wärmegefühl	Starkes Wärmegefühl. Leicht unangenehm	Starkes Wärmegefühl, kaum lästig
35	—	—	Leichte Belästigung
30	Beginnende ○ Belästigung	Lästiges ○ Hitzgefühl auf Stirn und Augen	○ Unangenehm
25	Brennen auf der Stirn	Desgl.	Sehr lästig
20	Brennen, Stirn und median. Augenwinkel	Sehr unangenehm	Desgl. stärker
15	Sehr unangenehm	Desgl. Thränensecretion	—
10	Desgl. Schmerz	—	—
5	—	—	—

II.

t. = 22° 14. XI. Nachm. 5 h 25 Min. Geschloss. Augen	t. = 22° 15. XI. Vorm. 11 h Geschl. Augen	t. = 26,5 bis 28° Nachm. 3 h 15 Min. Geschloss. Augen	t. = 24° 15. XI. 4 h 45 Min. Geschloss. Augen
Unterschied?	—?	**Unterschied**	?
Desgl.	?	Desgl.	Unterschied
Unterschied	Eben Unterschied bemerkb.	Eben bemerkbarer Unterschied	Eben merklich
Desgl.	—?	?	**Deutl.** Unterschied
Deutl. Unterschied	Eben Unterschied	**Deutl.** Unterschied	Desgl.
Desgl.	Unterschied	Desgl.	Desgl.
Ganz leichtes **Wärmegefühl**	Desgl.	**Wärmegefühl**	Desgl.
Desgl.?	Ganz schwaches **Wärmegefühl**	Desgl.	Desgl.
Deutl. Wärmegefühl	?	**Deutl.** Wärmegefühl	Deutl. **Wärmegefühl**
Desgl.	Wärmegefühl	Wärmegefühl	Desgl.
Desgl.	Deutl. Wärmegefühl	Starkes Wärmegefühl	Desgl.
Starkes Wärmegefühl	Starkes Wärmegefühl, leicht unangenehm	Desgl. kaum lästig	Kaum unangenehm
Desgl. stärker	Desgl.	Leicht unangenehm	Starkes Wärmegefühl. Nach 2 Min. ○ leicht unangen.
Ganz leichte Belästigung	○ Unangenehm	Recht ○ lästig	Unangenehm
Leichte ○ Belästigung	Desgl.	Desgl.	Recht lästig. Med. Augenwinkel.
Lästig	Lästig	Desgl.	Desgl.
Sehr unangenehm	Sehr lästig	Sehr unangenehm	Desgl. stärker
—	Desgl. stärker	Desgl. stärker	Sehr unangenehm
—	—	—	—
—	—	—	—

Bedingungen sind ein wesentliches Moment, welches bei dem Bestreben einer zu starken Wärmestrahlung unseres Beleuchtungsmaterials zu verhüten, wesentlich in Frage gezogen werden muss; eine generelle Grenzbestimmung, welche für alle Fälle gleich anwendbar wäre, gibt es mithin nicht.

Die störenden Empfindungen, welche die Wärme auslösen kann, zeigen sich also abhängig von einer variablen, aber bereits ziemlich genau erkannten Erscheinung des Organismus, von der Wärmeregulation, von der wir wissen, dass sie von inneren Körperzuständen, von der Ernährung und Bekleidung, der Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden kann.

Wir müssen uns also daran gewöhnen, von dem Schematisiren abzugehen, und dürfen nicht glauben, man sei im Stande, einen einzigen, für alle Fälle ohne Ausnahme giltigen Grenzwert aufzustellen. Solche Grenzwerthe gibt es weder für die Temperatur unserer Wohnungen, noch für die Feuchtigkeit der Luft; nur für ganz bestimmt zu präzisirende Fälle kann man solche Werthe angeben. — Ich habe wiederholt und eingehend auf diese Dinge aufmerksam gemacht und experimentelle Beweise dafür erbracht. —

Man hätte es vielleicht auch als ein Desiderat bezeichnen können, für sehr niedrige Lufttemperaturen noch eine weitere Prüfung der Wärmeempfindlichkeit vorzunehmen.

Bei niederen Lufttemperaturen kann unter Umständen die Bestrahlung auch zur Erhöhung der Behaglichkeit beitragen; benützt man doch ziemlich weitverbreitet die strahlende Wärme eines Kaminfeuers zur Beheizung der Wohnungen in England, Frankreich, Italien u. s. w. Die Bestrahlung kann also unter Umständen gewiss auch innerhalb bestimmter Grenzen dieser Aufgabe genügen; allein practisch nützen wir diese Function des Leuchtmaterials wenig aus, weil wir ja im Allgemeinen nicht gewöhnt sind, bei so niedrigen Temperaturen, bei denen die geringe Bestrahlung von Gesicht und Hand nutzbringend wäre, in unseren Wohnräumen auszuharren. In sehr kalten Räumen werden auch bald die Hände kalt und die Finger steif und man wird keine

Veranlassung haben, während des Schreibens die angenehmen Seiten der strahlenden Wärme eines Leuchtkörpers zu geniessen.

Aus unseren Ergebnissen kann man mit grösster Wahrscheinlichkeit folgern, dass eine Reihe variabler Einflüsse die Wärmeempfindung bei der Strahlung abzuschwächen oder zu verstärken in der Lage sind. Ich habe zuerst auf Grund von experimentellen Untersuchungen die Rückwirkung des Feuchtigkeitsgrades der Atmosphäre auf die Grösse des Wärmeverlustes durch Strahlung und Leitung dargethan. Feuchte Luft entzieht auf den gedachten Wegen mehr Wärme als trockene. Der erhöhte oder verminderte Wärmeverlust bedingt eine verschiedene Blutzufuhr, die wieder ihre Rückwirkung auf die Haut zeigen wird.

Bei hohen Temperaturen, bei welchen im Gebiete der physikalischen Wärmeregulation die mit steigender Feuchtigkeit zunehmende Wärmeabgabe behindert wird, ist der Zustand der Hautgefässe unbedingt ein anderer wie bei niedrigen Temperaturen.

Die Luftfeuchtigkeit wird demnach das Entstehen eines unangenehmen Wärmegefühls durch die Bestrahlung bald begünstigen, bald hintanhalten.

Leuchtende und dunkle Strahlung.

Durch unsere Experimente haben wir über die Relationen der Wärmequantität, welche Empfindungen auslösen, und über das Abhängigkeitsverhältnis dieser letzteren zu gewissen äusseren Bedingungen wie zur Luftwärme eine genauere Vorstellung gewonnen. Es wäre aber ein verfrühter Schluss, wenn man ohne weiteres annehmen wollte, dass alle Lichtquellen, welche genau die gleichen Wärmeäquivalente an Strahlung geben, ganz identisch in ihren Wirkungen sein müssten, und dass alle genau bei den gleichen Grenzwerthen störend oder nicht störend sich erweisen müssten.

Untersucht man die Strahlung eines Lichtes, so besteht dieselbe aus einer Summe von Strahlen verschiedener Wellenlänge; wenn ich von der genaueren Angabe der letzteren abstrahire,

könnte man bei den Lichtquellen und ihrer Strahlung nach dem Wärmeäquivalent der leuchtenden und der dunklen Strahlung scheiden, wie dies in den Untersuchungen von Tyndall bereits angedeutet worden ist. Man darf wohl unbedenklich die Annahme machen, dass physikalisch in eben genanntem Sinne sich nahe stehende Leuchtflammen auch physiologisch gleich wirken, woraus folgt, dass das Maass der Störung nach dem Ausschlag des mit der Thermosäule verbundenen Galvanometers entnommen werden kann.

Die meisten für uns in Frage kommenden Lichtquellen enthalten sehr wenig leuchtende und sehr viel dunkle Strahlung. Tyndall gibt für ein Oellicht an, dass das Wärmeäquivalent der leuchtenden Strahlung 3, das der dunklen 97 gewesen sei, und bei elektrischem Lichte waren 10 Strahlen leuchtend, 90 dunkel. Das sind die beiden Extreme. Das Schwergewicht entfällt also in allen Fällen nicht auf das, was wir sehen können, sondern auf die dunkle Strahlung. Aus den Zahlen über die beiden Extreme folgt aber, dass man unbedenklich zunächst die Gesammtstrahlung als einen Maassstab für die Wärmewirkung im Allgemeinen ansehen kann.

Wenn wir uns die Frage stellen, in wie weit verschiedene Leuchtquellen uns durch Strahlung belästigen, so kommt ganz ausschliesslich die dunkle Wärmestrahlung in Betracht. Um Missverständnisse zu vermeiden, bemerke ich hier ausdrücklich, dass die Sonnenstrahlung von den Besprechungen hier ausgenommen ist. Abgesehen von der Macht ihrer Strahlung scheidet sie sich noch durch einen Umstand von den irdischen Lichtquellen — durch das geringe calorische Aequivalent des nicht leuchtenden Theiles bzw. durch die wärmende Kraft ihrer Leuchtstrahlen. Ich komme später auf die Sonnenstrahlung zurück.

Besitzen die einzelnen Lichtquellen nur störende Einwirkungen durch die dunkle Strahlung, so erhält die uns interessirende Frage eine andere Formulirung, insoferne man wird erwägen müssen, ob die Wärmeäquivalente der Strahlungen

einen Anhaltspunkt für die benachtheiligenden Wirkungen geben. Die Beurtheilung der dunklen Strahlung ist weniger bekannt, als jene der leuchtenden Strahlung.

Ihre Gesetze der Wärmeabsorption folgen nicht den Gesetzen der kurzwelligen Strahlen, d. h. jener des Lichtes, welche uns im grossen und ganzen aus bekannten Erscheinungen in unserer Umgebung geläufig geworden sind. Dass ein gelber Körper gelb sei, weil er alle übrigen Aetherwellen, die nicht dieser Farbe entsprechen, absorbirt, und ein schwarzer Körper schwarz, weil er alle Lichtstrahlen absorbirt, ist allenthalben bekannt. Neben diesen für unser Auge leicht wahrnehmbaren Vorgängen gibt es analoge Veränderungen der Körper durch die Strahlung der langwelligen Strahlen, die in den Einzelfällen aber von den Lichtstrahlen ganz verschieden sind. Die verschiedenen Stoffe nehmen die langwelligen Strahlen theils auf, theils reflektiren sie dieselben, aber diese Auswahl in der Aufnahme und die Zurückverfügung zeigen keinerlei Beziehungen zur Farbe. Ueber diese Beziehungen sind wir nicht im Stande, in anderer Weise etwas wahrzunehmen, als durch die physikalischen Hilfsmittel.

In interessantester und instruktivster Weise hat Tyndall[1]) das verschiedene Verhalten verschiedener Stoffe gegen die dunklen Wärmestrahlen aus einander gesetzt. Eines der hübschesten Beispiele liefert das Verhalten von Jod und Alaun zu derselben. Wirft man gleiche Mengen dunkler Strahlung auf Jod und Alaun, so erhitzt sich der letztere auffallend rasch, während ersteres kühl bleibt. Im Brennpunkt dunkler Wärmestrahlen, wo Platin augenblicklich weissglühend wird, bleibt Phosphor über 20 Sekunden, ohne sich zu entzünden. Zucker verbrennt rasch, Schwefel kann sich längere Zeit im Brennpunkt halten, ehe er schmilzt und aufflammt.

Die dunkle Strahlung ist keineswegs immer gleicher Natur. Sie kann aus Aetherwellen verschiedener Länge und Wellen verschiedener Amplitude bestehen. Die Bedingungen der Leuchtkörper geben zu solchen Variationen gewiss Anlass. Die Wellen-

1) a. a. O., S. 559.

länge ist abhängig von der Natur des leuchtenden Körpers und von seiner Temperatur, die Amplitude wesentlich eine Funktion der letzteren. Ein Körper, der nicht zur Weissglühhitze erwärmt ist, kann niemals Strahlen von einer Intensität ausgeben, die denen der Maximalregion des Spektrums eines Bogenlichtes vergleichbar wären. Intensive Wärmewirkungen durch unsichtbare Strahlen können nur von einer intensiv leuchtenden Quelle ausgehen.[1])

Die Natur unserer Leuchtkörper ist verschieden; bald ist es glühender Kohlenstoff, bald ein anderer Körper, der zur Lichterzeugung benutzt wird. Die Temperaturen der Glühkörper sind ungleich; Metall und Glastheile erhitzen sich und geben eine Mehrung dunkler Strahlung. Die dunkle Strahlung ist also sicherlich nach Schwingungsfolge und Amplitude verschieden, und für die einzelnen Flammenarten typisch, wie sich aus den Arbeiten Tyndall's über die Strahlung verschiedener Wärmequellen durch Feuchtigkeit und Dämpfe folgern lässt.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass man zwei wichtige Punkte im Auge behalten muss, 1. dass verschiedene Lichtquellen eine verschiedene Wirkung haben können durch die Eigenart der Strahlung, 2. durch die Absorptionsverhältnisse der Haut.

Die Annahme einer ungleichen Absorption bei verschiedener Hautfarbe, wobei wir die letztere nur als Ausdruck innerer Verschiedenheit nehmen, kann von vorneherein als zulässig erscheinen. Wir wissen daher nicht, ob ein Neger durch die strahlende Wärme einer Leuchtflamme sich mehr, ebenso oder weniger als ein Weisser erwärmt. Ich behalte mir vor, diese Frage weiter zu bearbeiten und späterhin darüber zu berichten.

Wollte man aber selbst von vorneherein den Satz zugeben, dass unter dem künstlichen Beleuchtungsmaterial sehr grosse spezifische Verschiedenheiten der dunklen Strahlung gegeben seien, so würden wir doch schon einen wesentlichen Schritt vorwärts machen, wenn es uns gelänge, für eine Gruppe von

1) a. a. O., S. 529.

Lichtquellen gemeinsame Eigenschaften zu finden, und wenn es uns gelänge, diejenigen Wärmemengen, welche bestimmte Empfindungen auslösen, in absolutem Maasse anzugeben. Man fände dann eine Basis, auf welcher alle anderen Messungen verständlich wären, so wie wir uns über die Temperaturverhältnisse nach vereinbarten Scalen verständigen.

Betrachtet man sich unsere Untersuchungen über die Einwirkung des Argandbrenners auf die Haut, so überzeugt man sich an der Hand der gegebenen Skalentheile unseres Galvanometers sofort, dass die einzelnen Empfindungen, wie sie in der Praxis bezeichnet werden, hinsichtlich der erregenden Wärmemengen sich nicht um kleine Werthe, d. h. um Procente oder dergl. unterscheiden, sondern um ein Vielfaches. Daraus kann man auch folgern, dass für die praktische Beurtheilung der vorliegenden Fragen die einzelnen Lichtquellen nach dem Wärmeäquivalent der Strahlung verglichen werden dürfen, denn sehr gross können die inneren Differenzen unmöglich sein.

Somit gewinnt die Bestimmung der Strahlung nach absolutem Maasse allgemeinere Bedeutung; ich habe mich seit vielen Jahren bemüht, eine geeignete Methode zu finden. Ein gangbarer Weg ist folgender.

Ueber die Anwendung der Thermosäule zur Messung der Wärme nach absolutem Maasse.

Die Messung der Wärme nach absolutem Maasse soll ermöglichen, die Wärmemengen, welche bestimmte Gefühle erregen, näher zu bezeichnen, sie soll aber namentlich für das Studium der Strahlungsverhältnisse unserer Lichtquellen eine wichtige Handhabe bieten.

Zur Bestimmung der Wärmestrahlung nach absolutem Masse hat es bis jetzt an leichter anzuwendenden Methoden gefehlt, wenn schon die Verwendung des Pouillet'schen Pyrheliometers und von Langley's Bolometer für viele Fragen gute Dienste gethan haben. Ersteres ist unter gewissen Cautelen, wie in meinen Laboratorium nachgewiesen worden ist[1]), ein sehr

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 313.

brauchbares Instrument, aber nur zur Bestimmung grosser Wärmemengen zu gebrauchen. Wesentlich empfindlicher ist ein Vacuumthermometer, doch aus anderen Gründen für die terrestrische Strahlung ohne Weiteres nicht zu empfehlen und nur nach Graduirung mittels einer anderen, absolute Werthe gebenden Methode brauchbar. An empfindlichen Apparaten besitzen wir noch thermoelektrische und jene Instrumente, welche die Veränderung des in einem Leiter kreisenden elektrischen Stromes durch die Bestrahlung und Temperaturerhöhung als Maass der Wärme benützen. Unter letztgenannten Instrumenten hat namentlich Langley's Bolometer viel von sich reden gemacht. Die Bolometer haben insoferne einen grossen Vorzug, als die Strahlung nur sehr kleine Metallmassen erwärmt, während bei den Thermoelementen die letzteren bedeutender sind, wodurch sich die Wirkung verzögert.

Ein Instrument, welches Thermoströme verwendet, hat C. V. Boy als Radiomikrometer beschrieben. Ein aus Antimon, Wismuth und Kupfer zusammengelöteter Ring hängt zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagneten. Die Bestrahlung verändert die Lage des Ringes. Boy schätzt die Empfindlichkeit auf das Hundertfache eines Bolometers.[1])

Da ich meine Versuche zu einer Zeit begann, als Bolometer und Radiomikrometer nicht näher bekannt und in die Praxis eingeführt waren, experimentirte ich wesentlich mit Thermosäulen und ich habe späterhin diesen Umstand nie zu bereuen gehabt. Die Bolometer müssen, um sehr empfindlich zu sein, ein Galvanometer mit leichtem Spiegel besitzen; ein solches Instrument aufzustellen, ist mir zur Zeit ganz unmöglich, da der Spiegel bei den leichten Erschütterungen des Gebäudes und seiner Wände nie zur Ruhe kommt. Etwaige anders gebaute Bolometer verdienen was die Genauigkeit anbelangt, keinen Vorzug vor einer empfindlichen Thermosäule mit Galvanometer.

1) Es ist mir nicht gelungen, ein so hochgradig empfindliches Instrument zu gewinnen und habe ich nach einigen Vorversuchen auf weitere Anwendung dieser Einrichtung verzichten müssen. Proceed. of the Royal Society, 1887, Nr. 253, Bd. XLII.

Somit handelte es sich im Wesentlichen darum, für die Thermosäule ein Verfahren zu finden, das eine absolute Wärmemessung erlaubt.

Ehe ich an die Besprechung meiner Resultate gehe, muss ich die thermoelektrischen Apparate gegen eine Reihe von Angriffen in Schutz nehmen, welche sie entschieden nicht verdienen und zunächst angeben, welche Einrichtung ich selbst benützte.

Zur Aufnahme der Wärmestrahlung diente eine Säule aus Tellur-Wismuth oder Antimon-Wismuth von rund 3 qcm percipirender Fläche. Diese wurde stets bis zur maximalen Empfindlichkeit berusst; ein abnehmbarer Trichter, innen versilbert und polirt, verstärkte die Wirkung einfallender Strahlen um das 7fache. An der Säule, seitlich von den Elementen befestigt, befindet sich ein empfindliches Thermometer im Contact mit den Metalltheilen. Die Säule ist in jeder Lage gut zu fixiren und kann nach einem Pendel oder an deren Marken eine beliebige, bekannte Lage erhalten.

Mittels kurzer, starker Drahtverbindungen steht sie entweder mit einem feinen Multiplicator oder einem Galvanometer in Verbindung. Die beiden letzteren stehen auf einem frei aufgemauerten, möglichst erschütterungsfreien Pfeiler.

Ich habe im Verlauf der Jahre mancherlei Instrumente benutzt; in folgendem sollen nur drei derselben erwähnt werden, ein Multiplikator und zwei Galvanometer verschiedener Construction und Empfindlichkeit. Für sehr viele orientirende und messende Versuche kann man mit der Thermosäule und einem einfachen Thermomultiplicator von Nobili auskommen. Diese Combination hat den Vorzug, dass sie überall leicht aufgestellt werden kann, keine mühsame Einstellung erfordert und trotz alledem einen grossen Grad von Empfindlichkeit besitzt. Die Thermomultiplicatoren sind leicht in genügend guter Ausführung zu erhalten, nicht so leicht wird man von den Thermosäulen, die oft in höchst unwirksamer Ausführung geliefert werden, befriedigt werden.

Der Thermomultiplicator kann nicht unmittelbar zur quantitativen Messungen benützt, er muss vorher empirisch geprobt[1]) werden.

Der Multiplicator war zu den Versuchen vorsichtig graduirt worden. Indem in der Nebenschliessung eine Rolle Kupferdraht sich befand, konnte der durch den Multiplicator zu leitende Strom entweder direct durch dessen Windungen geführt werden, oder zum grossen Theil durch die Kupferdrahtrolle. Mit letzterer und mit dem Multiplicator stellte eine Wippe die Verbindung her, bezw. unterbrach sie dieselbe, so dass beliebig der Strom in den einen oder andern Weg geführt werden konnte. Die Einschaltung des Kupferdrahtes verminderte den Ausschlag am Multiplicator auf ein Viertel (genauer auf $\frac{1}{4,25}$). Da nun beim starken Ausschlag die Angaben des Multiplicators nicht mehr proportional den Ablenkungswinkeln sind, wurden zum Zwecke der Graduirung mittels Umlegen der Wippe die Ausschläge reducirt und auf Winkelgrössen zurückgeführt, innerhalb deren eine genaue Messung möglich ist.

Die Nebenschliessung wurde übrigens auch bei allen späteren Versuchen beibehalten, da man alsdann in der Lage ist, auch starke Wärmequellen — ohne allzugrosse Abstände — zu untersuchen.

Ausser dem Multiplicator verwendete ich später eine Wiedemann'sche Bussole mit Dämpfhülse und Spiegelablesung.

Bezüglich der Zeitdauer, während welcher die Strahlen auf die Thermosäule fallen gelassen wurden, sei bemerkt, dass dieselbe bei dem Galvanometer A variirt wurde, je nachdem viel oder wenig Wärmestrahlung zu erwarten war. Es wurde entweder 12 oder 30 Sec. oder bis zu constantem Ausschlag gewartet. Setzt man den Ausschlag nach 12 Secunden gleich 1, so wäre für den constanten Ausschlag das 1,69fache und bei einer Beobachtung von 30 Secunden das 1,14fache derselben zu rechnen. Späterhin sind alle Angaben auf den constanten

1) Vorschläge zur Graduirung der Multiplicatoren sind mannigfach angegeben worden.

Ausschlag umgerechnet. Nur in wenigen Fällen kam die 12 Sec.-Beobachtung, zumeist jene von 30 Sec. zur Anwendung. Ich habe des öftern sowohl die 30 Sec.-Beobachtung, als den constanten Ausschlag miteinander verglichen, ohne dass ich hätte Veranlassung nehmen müssen, die Zeitdauer der Beobachtungen zu verlängern. Bei dem Galvanometer der Thermosäule B war eine längere Beobachtung als etwa 15 Sec. überhaupt gar nicht nothwendig, weil um diese Zeit der Ausschlg konstant war.

Die Thermosäule, Multiplicator oder die Bussole waren auf einem direct aus dem Boden aufgemauerten Pfeiler aufgestellt. Fernrohr und Scala sind an einem Traggerüst an der Decke befestigt.

Gegen die Thermosäule hat man den Einwurf erhoben, sie brauche ausserordentlich lange, ehe sie in den Gleichgewichtszustand gelange. Kusnezow[1]) gibt an, es sei nicht weniger als 5 Minuten nothwendig, ehe sich die Nadel des Multiplicators richtig einstellt. Christiani und Kronecker geben 61 Sec. für ihr Instrument an. Ich habe dergleichen lange Zeiten bis zum Ausgleich des vollen Ausschlages nie nothwendig gehabt. Eben so irrig ist es, wenn Masje ganz ohne weitere Einschränkung von dem Princip der Aperiodicität bei thermoelektrischen Messungen behauptet, dass ein beständiges Verschieben des Nullpunktes eintrete. Soweit Verschiebungen des Nullpunktes unvermeidlich sind, hat man nicht die geringsten Schwierigkeiten, dieselbe durch eine fehlerfreie Correction zu eliminiren. Die Fehler, die man in den thermoelektrischen Apparaten bisweilen finden mag, beruhen nur darauf, dass vielfach recht unvollkommene Apparate in den Handel kommen. Man hat bis jetzt meines Wissens die Thermosäule mit ihren Hülfsapparaten, dem Multiplicator immer nur zu relativen Wärmemessungen verwendet. Von Masje[2]) ist geradezu ausgesprochen

---

1) Virchow und Hirsch. Jahresbericht 1883, IV, S. 495. Eine derartige Thermosäule habe ich nie zu beobachten Gelegenheit gehabt, und wenn man solche erhalten sollte, thut man am besten, sie den Fabrikanten zurückzugeben.

2) Virchow's Archiv, 107, S. 267.

worden, es eigneten sich die thermoëlektrischen Apparate nicht zu einer absoluten Messung der Wärme. Diese Behauptung wird damit begründet, dass die thermoëlektrischen Ströme nicht den Temperaturen proportional sind, und dass keine mathematische Relation zwischen der ausgestrahlten Wärmemenge und deren Effect auf die Säule besteht. Diese Einwände sind von vornherein hinfällig. Die Proportionalität zwischen Temperatur und Thermostrom besteht und wir verwenden sie ja zur thermoelektrischen Temperaturbestimmung. Nur bei Intervallen der Energie, wie sie nie für die Melloni'sche Säule in Anwendung kommen, verliert sich die einfache Beziehung zwischen Strom und Temperatur. Die Thermosäule ist eine der besten Instrumente zur Messung der relativen Wärmestrahlung gewesen und ist es noch. Haben doch Ritschie und Melloni mitttels der Thermosäule zuerst das Gesetz der Wärmestrahlung und den Beweis der Abnahme der Strahlung mit den Quadraten der Entfernung kennen gelehrt.

Schon in dem Begriff, dass die Thermosäule für relative Messungen aller Art gut brauchbar ist, liegt enthalten, dass die Wärmequantitäten und Aenderungen im Thermostrom parallel gehen müssen.

Wie unberechtigt Vorwürfe gegen die Thermosäule und ihrer Anwendung sind, wird sich am besten durch die Experimente selbst zeigen lassen. Die Thermosäule lässt sich unter bestimmten Verhältnissen zur Messung der von einem Körper frei ausgestrahlten Wärme benützen und somit eröffnet sich für Untersuchungen mancherlei Art ein neues Gebiet.

Den thermoëlektrischen Apparat habe ich, um denselben verwendbar zu machen, nach verschiedenen Methoden zu aichen und zu graduiren versucht; es hat kein Interesse, die missglückten Versuche mannigfacher Art hier aufzuführen, nach denen die Aichung für absolutes Maass unzuverlässig ist; ich werde mich vielmehr nur auf die beiden Methoden beschränken, welche verhältnissmässig leicht ausführbar sind, und von welchen ich nach jahrelanger Erfahrung sagen kann, dass sie sich für die Art unserer Experimente gut eignen.

Die beiden Methoden sind:

1. Die Aichung mittels der Wärmestrahlung einer Glasfläche (Kugel) von bekannter Temperatur. Für Glas ist durch Versuche von Grätz, Lehnebach, Stefan und mir[1]) der Werth der absoluten Strahlung genau bekannt.

2. Die Aichung durch controllirende Messung der ausgestrahlten Wärme mittels eines geschwärzten Thermometers.

Ich werde zunächst auf die erste Methode näher eingehen; zum Gelingen sind eine Reihe von Cautelen nöthig. Die Versuche wurden in einem Raume, der in seiner Temperatur abgeglichen ist, ausgeführt. In den meisten Fällen schwankte die Lufttemperatur zwischen 18—20°.

Will man mit der Thermosäule die Ausstrahlung einer Wärmequelle bestimmen, so darf dieselbe eine gewisse Flächenausdehnung nicht überschreiten, einerseits weil unter Umständen nicht alle Strahlen sich ausschliesslich auf den Thermoëlementen vereinigen, andererseits, weil auch der Trichter der Säule eine Abblendung der Strahlen herbeizuführen in der Lage ist, wenn dieselben zu steil einfallen. Ich habe in den einzelnen Fällen auf diese Fehlerquelle wohl geachtet und sie vermieden.

Gewisse Schwierigkeiten bietet mitunter auch die Einstellung kleiner, nicht leuchtender Wärmequellen; man wird immer zuerst empirisch die maximalste Wärmeausstrahlung durch Hin- und Herbewegen des Trichters der Thermosäule feststellen; durch eine gewisse Uebung wird man späterhin mit dieser Procedur nicht viel Zeit mehr verlieren. Unbedingt nöthig ist genaue Fixirung des Trichters, nachdem einmal die Einstellung erfolgt ist; die käuflichen Thermosäulen sind in dieser Hinsicht nicht immer richtig ausgestattet.

Eine Kugel mit Quecksilber gefüllt wurde in einiger Entfernung von der Thermosäule aufgestellt und zwar so, dass die Strahlung sich genau auf den Thermoëlementen vereinigt. Als Entfernung der Kugel wird der Abstand ihres Mittelpunktes von der Ebene der Thermoëlemente berechnet. Variirt man nach

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVII, S. 14.

dieser Berechnungsweise die Abstände, so nehmen die Wärmemengen mit den Quadraten der Entfernung ab.

Die Glaskugel hatte einen Diameter von 50 cm und eine Oberfläche von 78,75 qcm und war mit etwa 825 g Quecksilber gefüllt. Sie hing frei an einem dünnen Draht hinter einem Holzschirm mit grossem Ausschnitt, welcher der Ausstrahlung nach der Thermosäule freien Raum gab. Vor jedem Versuch wurde die Kugel an der Oberfläche mit Alkohol und Aether sorgfältig gereinigt; dann an einer von den thermischen Apparaten entfernten Stelle über einem durch den Bunsenbrenner stark erhitzten Platinblech angewärmt und an die Aufhängungsstelle gebracht. Ehe dies geschieht, probt man durch Oeffnen der Säule, ob keine störende Erwärmung in der Strahlungsweite des Trichters sich findet.

Während der Bestrahlung bleibt die Säule offen; wenigstens war dies die Regel, doch habe ich zur Controle auch andere Anordnungen getroffen. Die Ablesungen erfolgten von Minute zu Minute mit möglichster Beschleunigung. Es waren deren zwei zu machen, einmal jene des Thermometers, das zur Messung der Temperatur in der Quecksilberkugel diente, und dann jene des Multiplicators oder Galvanometers und des Luftthermometers.

Als Basis zur Berechnung legte ich immer die Mittelwerthe der Minute zu Grunde, man hat sich folgender Gleichung zu bedienen:

$$W = \frac{1{,}0846 \cdot 10^{-12} \cdot (T^4 - t^4) \cdot 60 \cdot 78{,}7}{4\, e^2 \pi \cdot n \cdot}$$

W gibt den Werth an Wärme, welche in 1 Minute auf 1 qcm fällt, wenn der Multiplicator oder das Galvanometers um 1⁰ seiner Scala sich ändert.

Die Wärmeabgabe der Kugel durch Strahlung ist nach absolutem Maass bekannt und wird nach dem Stefan'schen Strahlungsgesetz für die Sekunde ausgedrückt durch die Formel

$$= 1{,}0846 \cdot 10^{-12} \cdot (T^4 - t^4)$$

worin T und t die absoluten Temperaturen des ausstrahlenden Körpers und der Umgebung bedeuten (also $\times 60$ für die Minute und $\times 78{,}7$ für die ganze Oberfläche der Glaskugel).

Unter *e* sei der Abstand der Kugel von der Säule in Centimetern und unter *n* die Anzahl der Grade oder Scalentheile des Messinstrumentes bezeichnet.

Die Resultate, die ich in der genannten Weise mit meinem Instrumente erhalten habe, sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle III.

Serie	Temp. der Hg-Kugel	Lufttemp.	Mittlerer Ausschlag	Wärme pro 1 qcm in cal. pro 1 Min.	Für 1° des Multiplicat. trifft Wärme in grcal.	Mittel der Serie	Entfernung der Hg-Kugel
e bis f	117	13,0	16,6°	0,01235	0,000743	0,000742	23,3 cm
	110,5	»	15,3	0,01122	0,000733		»
	104,5	»	14,0	0,01097	0,000784		»
	99,0	»	12,7	0,00933	0,000735		»
	94,0	»	12,0	0,008598	0,000716		»
g bis h	114,5	14,5	16,2	0,01172	0,000723	0,000712	23,3 cm
	109	»	15,1	0,010856	0,000718		»
	103,2	»	13,9	0,00989	0,000711		»
	98,5	»	12,8	0,009108	0,000711		»
	93,5	»	12,0	0,008357	0,000696		»
i	118,5	14,5	11,8	0,008402	0,000711	0,000712	28,3 cm
	111,5	»	10,8	0,007591	0,000713		»
	105,5	»	10,2	0,007041	0,000690		»
	100,5	»	9,4	0,006683	0,000711		»
	95,5	»	8,7	0,006376	0,000733		»
k	118,5	14,5	11,7	0,008402	0,000758	0,000721	28,3 cm
	111,5	»	10,8	0,007591	0,000703		»
	105,5	»	10,0	0,007041	0,000704		»
	100,5	»	9,4	0,006683	0,000711		»
	95,5	»	8,7	0,006376	0,000733		»

Ich habe unter *e*, *f* und *g*—*h* zwei Serien von nacheinander ausgeführten Versuchen, welche fast die gleichen Zahlen für den Temperaturabfall der Quecksilberkugel geben, combinirt, und *i*, *k* getrennt aufgeführt, um im Einzelfall die Congruenz zu zeigen.

Die Zahlen der einzelnen Versuche der Serien schwanken ausserordentlich wenig; jedesmal gab also der Multiplicator einen Ausschlag, der fast absolut genau den Wärmemengen, welche nach der Säule fielen, entsprach. Eine einzige Reihe widerlegt

also schon die Annahme, dass die Thermosäule zu absoluten Messungen ungeeignet sei. Die Mittelwerthe ganzer Serien weichen nur unerheblich von einander ab.

Ich habe noch viele solche Messungen mit dem Thermomultiplicator angestellt, die aber alle eine so gute Uebereinstimmung zeigen, dass ihre Beistellung zur Gewinnung eines Mittelwerthes gegenstandslos erscheint.

Die Zahlen ergeben also eine nahezu völlige Uebereinstimmung, obwohl die Ablesungen eines Multiplicators nie so scharf sein können, wie die mancher anderer elektrischer Apparate.

Weitaus zahlreichere Messungen als mit dem Multiplicator habe ich mit der Thermosäule und einer Wiedemann'schen Boussole gemacht. Die Aichung wurde genau in der gleichen Weise, wie schon beschrieben, vorgenommen, so dass ich mich wohl darauf beschränken darf, nur die Ergebnisse einer Reihe solcher Messungen hier anzuführen.

Tabelle IV.

Serien	Abstand der Kugel von der Säule	Wärme, berechnet pro 1 qcm Fläche in cal. pro Min.	Ausschlag des Galvanometers in Sc.-Theilen	Pro 1 Sc.-Theil Ausschlag des Galvanom. ist in cal. zu rechnen
1	28,3	0,0536	271	0,000196
2	28,3	0,0509	253	0,000201
3	28,3	0,0504	244	0,000205
4	25,8	0,0471	221	0,000213
5	45,8	0,0150	72	0,000208
6	28,3	0,0091	46	0,000199
7	28,3	0,0073	38	0,000195
8	48,3	0,0058	30	0,000196
9	28,3	0,0047	24	0,000201

Es liegen demnach 9 Serien vor, die je wieder aus mehreren Messungen und Berechnungen sich ableiten. Die Wärme spendende Kugel stand bald nahe, bald weit ab, die absoluten Wärmequantitäten, welche ich mass, differirten um das Zehnfache und umfassen in ihren Grenzen alle Grössen, welche bei den Versuchen zur Anwendung und Berechnung kommen werden.

Die Ergebnisse der einzelnen Reihen stimmen vorzüglich mit einander überein; man erwäge, um welch kleine Wärmemengen es sich dabei überhaupt handelt, der Mittelwerth aller Bestimmungen beträgt **0,000201** grcal. pro 1 Min. = 0,2 Mikrokalorien für die Minute. Der grösste, nur einmal beobachtete Werth weicht davon um 5,9%, der kleinste um — 3,0% ab; es ist das ein so hoher Grad der Genauigkeit, dass er allen zu stellenden Anforderungen genügt.

Es mag hier noch angefügt werden, dass sich die Constanten meines Apparates innerhalb 2—3 Jahren nicht im allergeringsten geändert haben.

Die Ergebnisse der vorstehend berichteten Aichungen hängen in ihrer Richtigkeit alle von der Sicherheit ab, mit der wir annehmen können, dass der Ausstrahlungscoëfficient des Glases bestimmt sei. Ich habe schon darauf hingewiesen, dass wir die verschiedenartigsten Garantien für die Richtigkeit der genannten Grösse haben. Trotzdem schien es mir von Interesse, zu untersuchen, ob es nicht möglich sei, sich von der genannten Hilfsgrösse unabhängig zu machen; es gelingt dies in folgender Weise.

Von einer Flamme gleich weit entfernt, wird die Thermosäule und ein berusstes Thermometer aufgestellt. Beide erhalten also, für den Quadratcentimeter berechnet, gleich viel Wärme zugestrahlt. Die Höhe der Temperatur des berussten Thermometers und der Thermosäule müssen in gewissen Beziehungen zu einander stehen.

Das berusste Thermometer dient uns als Messinstrument der Wärmeaufnahme durch Strahlung. Seine Temperatur wird solange steigen, als die Wärmezufuhr durch Strahlung grösser ist als der Wärmeverlust des Thermometers. Wie viel also Wärme zugestrahlt wurde, kann ich daraus ersehen, dass ich das Thermometer nach dem Versuche erkalten lasse. Allerdings möchte man glauben, seien die Verhältnisse der Ausstrahlung nach dem Versuche andere als während derselben. Bei der Einstrahlung erhält das Thermometer Wärme in einer Ausdehnung, welche seinem optischen Querschnitt entspricht. Man darf aber nicht annehmen, dass deswegen die Ausstrahlung einer

Verminderung entsprechend diesem Querschnitt gleich komme. Für die Ausstrahlung ist das Licht nur insoweit, als dies seiner Winkelgrösse entspricht, hinderlich, und dieser Werth kann bei einem Abstande von 40—50 cm, in welchem ich die Leuchtflamme liess, vernachlässigt werden.

Die Abkühlung des Thermometers habe ich in vielen Reihen mittels Kathetometerablesung festgestellt; die Temperaturzuwächse entsprachen nur kleinen Intervallen von 2—5°, weshalb man sehr vorsichtig zu Werke gehen muss. Da die Erkaltungsgeschwindigkeit des Thermometers mit sinkendem Temperaturunterschied immer kleiner wird, und die Abnahe selbst innerhalb einer Minute nicht als ganz gleichmässig betrachtet werden kann, da ferner es als eiue Eigenthümlichkeit der Versuchsanordnung betrachtet werden muss, dass das berusste Thermometer immer auf demselben Temperaturüberschuss belassen wird, habe ich die Erkaltungsgeschwindigkeit für einen gegebenen Moment berechnet unter Anwendung der Formel

$$\frac{\log t_0 - \log t}{\log e} \text{ [1]}$$

wovon t_0 und t die in einem gewissen Zeitintervall gegebenen Ablesungen bezeichnen.

Kennt man den Temperaturabfall des Thermometers, so muss man ausserdem noch den Wasserwerth desselben wissen, um in Calorien den Wärmeverlust zu berechnen.

In manchen Fällen muss man sich mit der Ausmessung des Thermometers genügen lassen; ich habe aber nach Beendigung aller Versuchsreihen das Thermometer zerschnitten und Glas und Quecksilber ausgewogen und den Wasserwerth zu 0,655 cal. gefunden, wobei ich für Glas 0,132, für Quecksilber 0,033 specifische Wärme zu Grunde legte.[2])

Das berusste Thermometer nimmt Wärme auf an der einen Hälfte; diese gekrümmte Fläche entspricht in der Wärmeaufnahme dem optischen Querschnitt des Instrumentes. Letzteren mass ich zu 250 qmm.

1) Oder 2,302 .... $\log t_0 - \log t$.

2) Wüllner, Physik III, S. 364.

Da bei dieser Methode mehrfach stärkere Erwärmungen der Thermosäule nothwendig waren, rückte ich die Windungen meiner Boussole von dem Dämpfer ab, wodurch die Ausschläge kleiner werden. Man bestimmt den Factor, mit welchem man die reducirten Ausschläge zu multipliciren hat, vorher oder nachher genauer. Es mögen folgende Versuche hier Platz finden.

Tabelle V.

Temperaturzuwachs	Abkühlung pro Minute in °	Abkühlung pro Minute in cal.	Auf 1 qcm des Thermometers trifft Wärme	Ausschlag in Scalen-Theilen	Für 1 Sc.-Th. trifft Wärme auf 1 qcm pro 1 Min.	Serien
2,75	0,655	0,348	0,138	661	0,000209	I.
1,75	0,323	0,2166	0,0843	424	0,000196	II.

Im Mittel geben die beiden Reihen 0,000202, bei berusstem Thermometer, während die entsprechende Grösse bei Ausstrahlung mit der Glaskugel 0,000201 ausmachte. Die Differenzen zwischen den einzelnen Versuchen sind, wenn man Temperaturüberschüsse unter 1° vermeidet, wie ich aus vielen Experimenten weiss, nicht grösser wie bei Messungen mittels der Glaskugel. Fast muss es überflüssig erscheinen, wenn ich hervorhebe, dass die einzelnen Thermometer, mögen sie herstammen von wo immer, unbedingt mit einander verglichen sein müssen, dass gerade bei den Versuchen mit dem berussten Thermometer ein grosser, in der Temperatur abgeglichener Raum zur Benützung stehen muss, dass endlich die Aufstellung des Luftthermometers, nach welchem der Temperaturüberschuss des bestrahlten Thermometers eine gut gewählte sein soll. Ich habe alle Versuche in einem geschwärzten Raum vorgenommen.

Welche Wärmequelle man anwenden will, ist vollkommen glichgiltig; ich habe für einen anderen, als den vorgenannten Fall[1]) als Constanten pro 1° des Galvanometers erhalten

bei Gaslicht 0,00028
» Auer'schem Licht 0,00027
» Platinspiralen 0,00030

1) Der Abstand von der Thermosäule war von dem sonstigen verschieden.

Nur die glühende Platinspirale gab einen etwas höheren Werth, allein sie bietet insofern Schwierigkeiten bei der Messung, als sie bei ihrer Länge nur bei grosser Aufmerksamkeit ganz in den Brennpunkt der Thermosäule einzustellen ist.

Einen, die beiden Messmethoden controlirenden Versuch habe ich in folgender Weise angeordnet.

Es wird die Quecksilberkugel in eine Entfernung von 28,3 cm von einem berussten Thermometer gebracht. Die Kugel wird angeheizt und dann genau je 1 Minute das Thermometer bestrahlt; durch Schirme abgeblendet und wieder angeheizt, dann lässt man sie sofort wieder 1 Minute ausstrahlen. Um grosse Strahlungswerthe zu erhalten, erwärmte ich auf 250—280°. Das Thermometer stellt sich rasch ein und gewinnt in 6 Versuchen immer den gleichen Temperaturüberschuss.

Aus den Ausstrahlungen der Kugel habe ich berechnet, dass auf 1 qcm im Abstand des Thermometers 0,04595 cal. pro 1 Min. trafen, das Thermoter selbst zeigte eine Minutenabkühlung von 0,1670 = 0,1085 cal. Wärmeverlust pro 2,51 qcm Fläche = 0,0432 cal., was ausreichend genau mit dem ersten Werthe übereinkommt.

Ich glaube, dass in den vorstehenden Controlmethoden ausreichende Garantien gegeben sind, um eine Messung der strahlenden Wärme nach absolutem Maasse allenthalben zu versuchen, wo solche Fragen sich ergeben.

Was die Empfindlichkeit der Methode anlangt, so ist dieselbe eine äusserst günstige, Masje berichtet von seinem bolometerähnlichen Apparat, dass derselbe pro Scaleneinheit für 1 qcm und 1 Sec. gerechnet 0,00001 Grammcalorien habe erkennen lassen. Dies wäre, mit unsern Einheiten verglichen = 0,0006 cal. pro 1 Minute, während unsere Combination noch 0,0002 cal. wahrzunehmen gestattete.[1])

Ich habe später mir ein noch empfindlicheres Galvanometer mit Thermosäule durch Dr. Edelmann herstellen lassen, welcher gerade doppelt so empfindlich war, wie die bisherige Combination

1) Virchow's Archiv, Bd. 107, S. 33.

und dessen Säule binnen 15 Sec. einen »constanten« Ausschlag nach der Bestrahlung hervorrief.

Da die Befunde mit dieser Thermosäule und einem anderen Galvanometer mehrfach werden Anwendung finden müssen, so mögen einige Zahlen hier angefügt werden: ich fand pro 1 Scalentheil und 1 Min. in cal. als Wärme pro 1 qcm berechnet:

0,0000919	0,0000964
0,0000974	0,0000950
0,0000977	

Diese Uebereinstimmung ist mit allergrösster Leichtigkeit zu erreichen. Die Zahlen sind fortlaufend in einer Reihe beim Erkalten der Kugel von 210—155° gewonnen.

Mit dem Mittel **0,0000961** stimmten auch andere wiederholte Messungen überein; man achte aber stets mit grösster Sorgfalt auf eine genaue Einstellung der Kugel zur Thermosäule.

Absolute Grösse des Grenzwerthes für die Wärmestrahlung.

Bei der Prüfung auf die Grenzen der Wahrnehmbarkeit der Wärme sind wir vom Standpunkte des Hygienikers gezwungen, unter Bedingungen, welche man gerne einheitlicher gelagert hätte, zu experimentiren. Hätte unsere Aufgabe nicht das practische Ziel, zu erklären, in welcher Weise die Wärmestrahlung auf die Gesichtshaut wirkt, so würde man sich am besten einfachere und glattere Hautstellen zum Studium auswählen. Die ungleichen Formen der Gesichter verschiedener Personen haben gewiss einen Einfluss auf die Wärmeempfindlichkeit, weil die percipirenden Flächen ungleiche Neigung zu den Lichtstrahlen haben. Dass Bebartung und Hautfarbe eine gewisse Rolle spielen können, haben wir schon erwähnt. Den ersten Einfluss werden wir mitzuberücksichtigen in der Lage sein. Die Untersuchungen gelten für gesunde kräftige Männer zwischen 22—40 Jahren.

Die Cautelen für solche Untersuchungen habe ich schon Eingangs besonders betont.

Ein Versuch, diejenigen Mengen strahlender Wärme zu bestimmen, welche bei der Bestrahlung durch unsere Leuchtmaterialien in Frage kommen, ist bis jetzt von Anderen nie ausgeführt worden; nach den methodischen Auseinandersetzungen unterliegen die Fesstellung dieser Grössen nunmehr keinerlei Schwierigkeiten. Bei der Bestimmung eines solchen Grenzwerthes kommt es immer auf jene Temperaturempfindungen und Wärmegrössen an, welche nach längerer Einwirkung auf unser Gesicht sich geltend machen.

Den ersten messenden Versuch über die Wärmemengen, welche eben wahrgenommen werden, oder belästigen, führte ich an mir selbst aus. Eine Argandlampe, welche in 1 m Entfernung von der Thermosäule in 12 Secunden den Ausschlag von $14{,}2^0 = 23{,}66^0$ constant hervorbrachte, wurde vor dem genau fixirten Gesichte des Beobachters so lange hin- und hergeschoben, bis eben deutlich die Bestrahlung bemerkt wurde. War diese Grenze festgestellt, so wurde durch einen Schirm abgeblendet, dann die Strahlung wieder frei gegeben, um mehrfach die Gefühle zu beobachten, welche durch die Wärmestrahlung hervorgerufen werden.

Bei 54 cm Abstand war die Wärmestrahlung belästigend, starkes Wärmegefühl an Stirnhaut und den Augenwinkeln, diese Empfindung verlor sich durch Gewöhnung durchaus nicht. Als Abstand des Argandbrenners mass ich die Entfernung von der Stirne des Beobachters bis zur Vorderseite des Glascylinders der Lampe.

Bei 67 cm war die Wärme der Lampe immer noch fühlbar, wenn schon unter den gegebenen Verhältnissen von einer wirklichen Belästigung nicht die Rede sein konnte, auch wenn die Bestrahlung lange Zeit anhielt.

Um den Grenzwerth ganz unbefangen aufzufinden, liess ich die Lampe constant in der Entfernung von 40 cm von dem Gesicht aufstellen, während gleichzeitig in $61{,}3^0$ Entfernung die Strahlung nach der Thermosäule fiel und dort gemessen werden konnte.

Als bemerkbare Wärme, aber nicht als belästigend, notirte ich die Empfindung als der Multiplicator auf 18,6° stand, sofort belästigend eine Wärme bei der die Nadel auf 30,4° ausschlug.

Alle Versuche wurden bei 12° C. Zimmertemperatur ausgeführt. — In dem eben aufgeführten zweiten Versuche wurde die Strahlung in anderen Abständen gemessen, als die Gesichtshaut von der Lampe entfernt war; es sind daher zuerst die Ausschläge des Multiplicators auf 40 cm Abstand umzurechnen. Gruppirt man alsdann Versuch 1 und 2, so erhält man folgendes Urtheil:

Empfindung	Ausschlag des Multiplicators in Graden	
fühlbare Wärme, nicht belästigend . . .	43,7°	(2. Versuch)
» » » » . . .	52,5°	(1. »)
belästigend, für die Dauer unerträglich .	71,38°	(2. »)
ganz unerträglich	79,90°	(1. »)

Daraus lässt sich weiters diejenige Wärmemenge ableiten, welche pro 1 qcm Fläche auf der Haut wirkt. Im Mittel fand ich, dass 1° Multiplicatorausschlag 0,000723 cal. pro 1 Minute entspricht. Also hat man:

Empfindung	Wärme pro 1 qcm in 1 Min.
fühlbare Wärme, nicht belästigend . .	0,03159 grcal.
» » » » . .	0,03796 »
belästigend	0,05161 »
unerträglich für die Dauer	0,05784 »

Dass doppelt so grosse Wärmemengen wie die letzteren alsbald zum Aufgeben der Versuche zwingen, will ich nicht noch ausführlich an Zahlen darlegen. Es zeigt sich demnach, dass man sehr scharf die Grenzen, von welchen ab die Störung durch die Wärmestrahlung eintritt, definiren und bestimmen kann.

Mit dem Argandbrenner, mit welchem Dr. Reichenbach an sich experimentirte, habe ich selbst eine Reihe von Messungen über die Wärmestrahlung angestellt, so dass ich in der Lage bin, dessen Ergebnisse auch zur Bestimmung der Grenzwerthe für strahlende Wärme zu benutzen, wenn ich die Ausschläge auf absolutes Maass umrechne. Man erhält dann die in folgender

Tabelle eingetragenen Werthe. Als »eben bemerkt«, wurde die Wärmemenge von 0,042 grcal. p. 1 Min. bezeichnet, eine 10mal so grosse Wärmemenge, als absolut unerträglich auch für nur kurze Zeiten. 0,05 grcal. waren deutlich wahrnehmbar. Eine solche Erwärmung ist bereits als Störung zu bezeichnen. Denn demjenigen, welcher Licht wünscht, ist die Zugabe der strahlenden Wärme etwas Lästiges. Einem aufmerksamen Beobachter entgeht es nicht, dass, wenn er seinen Kopf dreht und wendet, die Wärme, auch wenn er sich vorher daran gewöhnt hat, wieder fühlbar wird. Einen ähnlichen Werth, nämlich 0,052 cal., halte ich deshalb bereits als belästigend, d. h. für die ständige Bestrahlung ungeeignet bezeichnet.

Tabelle VI.

Gefühl	Niedrige Zimmertemperatur			Hohe Zimmertemperatur		
	Entfern. d. Lampe in cm	Strahlung in Scalen-Theilen	Strahlung absolut in cal. pro 1 qcm und 1 Min.	Entfern. d. Lampe in cm	Strahlung in Scalen-Theilen	Strahlung absolut in cal. pro 1 qcm und 1 Min.
Eben bemerkb.	68,7	209	0,0420	92,4	115	0,0231
Deutlich wahrnembar	63,0	248	0,0498	75,0	174	0,0349
Hitzegefühl	47,0	447	0,0898	61,0	265	0,0533
Unerträglich	23,0	1860	0,3738	34,0	849	0,1706

Bei hoher Temperatur sind die Werthe, wie schon besprochen, niedrige. 0,023 cal. werden schon bemerkt, 0,035 sind deutlich wahrnehmbar. Die unerträgliche Bestrahlung wird durch eine etwa 7mal so grosse Wärmemenge, als der niedersten Grenze des Gefühls entspricht, hervorgerufen. —

Die Grenze der gleichen Empfindlichkeit wird bei hohen Temperaturen schon erreicht, wenn die Wärmemengen im Durchschnitt nur 48,9 % der bei niederen Temperaturen gemessenen Grössen betragen, in runder Zahl also durch die Hälfte der Wärme wie im kühlen Raume.

Ist unsere Gesichtshaut für das gleiche Wärmeäquivalent verschiedenartiger dunkler Strahlung gleich empfänglich?

Diese Frage haben wir eingangs hier aufgeworfen und wir möchten nochmals auf dieselbe zurück kommen; ich habe sie

aufgenommen gelegentlich von Versuchen, die ich an mir und einer anderen Person Dr. N. zur Feststellung der Grenzwerthe machte. Zu Vergleichen benutze ich zwei ganz differente Wärmequellen, das Auerlicht und die dunkle Strahlung eines elektrischen Glühlichtes. Eine Edisonlampe wurde über der Terpentinflamme solange berusst, bis keine Spur Licht mehr durchdrang. Die Versuche sind sehr oft wiederholt. Das Auerlicht besteht aus leuchtenden Strahlen, welche dem Bogenlicht ganz ähnlich sind, die Glühlampe gab nur dunkle Strahlung ab. In den Versuchen ist mir ein bestimmter, gleichbleibender Unterschied in den Grenzwerthen zwischen der Lichtstrahlung und der dunklen Wärmequelle nachzuweisen nicht möglich gewesen.

Die Mittelwerthe der Vergleichungen gibt folgende Uebersicht (für 17—18° Lufttemperatur);

	Dunkle Edisonlampe grcal. p. 1 qcm 1 Min.	Gasglühlicht Auer grcal. p. 1 qcm 1 Min.
Grenze der Wahrnehmbarkeit	0,0340	0,0365
warm	0,0612	0,0508
deutliche Wärme	—	0,0960
sehr warm	0,1056	0,1706
heiss	0,3712	—

Die Bezeichnungen sehr warm, heiss lassen sich schwer ganz genau präcisiren. Leichter verständigt man sich bezüglich der Grenze warm und eben wahrnehmbar. Diese Werthe lassen für Auerlicht und dunkle Edisonlampe charakteristische Unterschiede nicht erkennen.

Man wird also für die praktischen Ziele, wie schon erwähnt, gleiche Ausschläge des Galvanometers, auch hinsichtlich des biologischen Verhaltens, sich gleich setzen können.

Fasse ich alle meine Erfahrungen und Beobachtungen kurz zusammen, so kann man als idealen Grenzwerth im Mittel eine Bestrahlung von 0,035 cal. p. Min. und 1 qcm. bezeichnen. Ueber diesen Grenzwerth solle man bei niederen Temperaturen nicht hinausgehen, solange uns die Aufgabe gestellt wird, Licht zu beschaffen.

In der Praxis kann man nicht überall das Beste erreichen, und wenn man aus ökonomischen Gründen mit dem Leuchtkörper näher an den Menschen herangehen muss, um die Leuchtkraft besser auszunutzen, so würde ich als praktischen Grenzwerth eine Bestrahlung von 0,050 cal. p. 1 Min. ansehen.

In solchen Fällen, in welchen die Temperatur des Raumes stark steigt, wird man auch diesen Umstand bei der Ausmessung zu berücksichtigen haben; kann die Luftwärme auf 26—27° steigen, so müssen die Grenzwerthe halb so gross genommen werden, als wir hier angegeben haben. Der praktische Grenzwerth ist, genau genommen, schon eine Störung, bei Bewegungen des Kopfes wird uns diese geringe Erwärmung wohl bewusst, sie stellt also einen Reiz für uns dar. Aufgabe der Hygiene müsste es sein, derartige unnöthige Inanspruchnahme unseres Organismus zu verhüten.

Die dunkle Wärme einer Edisonlampe, welche unbemerkt im dunklen Raume die Haut trifft, erzeugt in uns Unruhe, bis wir uns mit dem Urtheil über die Ursache der Empfindungserregung zurecht gefunden haben. Bei leuchtender Wärme ist der Entscheid über die Empfindung viel leichter.

Wir haben für die Grenzwerthbestimmung den einfachsten und am häufigsten wiederkehrenden Fall gewählt, dass die Strahlung das Gesicht trifft. In manchen Fällen, wie bei den Kahlköpfigen, liegen die Verhältnisse, namentlich für hochstehende Lampen, ungünstiger. Soweit die tägliche Erfahrung etwas aussagt, sind gerade die Kahlköpfigen sehr empfindlich gegenüber Bestrahlung; je grösser die Fläche, umso stärker der Reiz.

Wirkt die Wärmequelle nur kurze Zeit oder plötzlich auf uns ein, so bedarf es selbstverständlich grösserer Wärmemengen, um analoge Empfindungen auszulösen, wie solche etwa bei lange währender Bestrahlung auftreten. Ich habe mehrmals auch diese Wärmemengen bei einem Versuche an mir gemessen. Ich führe sie auch deshalb an, weil ich dabei abwechselnd einen Argand- und einen Auerbrenner verwandte, weshalb die beiden Lichtarten unmittelbar zu vergleichen sind. Folgendes waren die Ergebnisse:

Gefühl	Entfernung Argand	Auer	Wärme Argand	Auer
	in Cent.		in cal. p. 1 Min. u. 1 qcm	
warm . .	40	30	0,1506	0,1252
sehr warm	32	20	0,2304	0,2817
Hitze . .	23	14	0,4484	0,5755

Die beiden Reihen stimmen also gut überein und erweisen die Wärmeempfindung im allgemeinen als unabhängig von der Lichtart; das Mittel aller Werthe würde für eine geringere Empfindlichkeit bei Auerlicht sprechen; andere Versuche haben mich davon aber nicht überzeugen können.

Die Strahlung der Sonne und die terrestrische Strahlung.

Ich kann die Frage der Wärmeempfindung nicht verlassen, ohne auf eine beachtenswerthe Thatsache hingewiesen zu haben.

Wir haben gesehen, dass bereits sehr kleine Wärmemengen gefühlt werden, und mässige Mengen werden für die Dauer ganz unerträglich. 0,1—0,2 grcal. pro Minute nennt man sehr warm, 0,3—0,4 cal. heiss. Auf die Dauer würde man letztere gar nicht ertragen.

Es hat, wie ich meine, Interesse, mit diesen Wärmewirkungen der künstlichen Lichtquellen, jene der Sonne zu vergleichen. Nach den Bestimmungen, welche Dr. Cramer in meinem Institut ausgeführt hat, betragen die Werthe für die Sonnenstrahlung[1]) noch im September in den Mittagsstunden 1,000 cal. pro 1 Min. und selbst die zur Zeit des Wintersolstitiums wurden am 22. und 23. Dez. 1891 zwischen 11—1 Uhr an klaren Tagen noch immer 0,576 cal. beobachtet. Es sind das also gewaltige Grössen im Vergleich zu den Wärmewirkungen irdischer Lichtquellen.

An einem Oktobertage des Jahres 1887, der nicht ganz tadellos reinen Himmel hatte, mass ich um 10 Uhr 47 Min. 0,472 cal.[2]) Strahlung pro 1 Minute, um 11 Uhr, als vorüberziehende Wolken die Sonne nur mehr als matte Scheibe erkennen liessen, 0,164

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 309 ff.
2) Mit dem graduirten Thermomultiplicator bestimmt.

und als sie völlig durch die helle Wolke verdeckt wurde, noch immer 0,015 cal. als Wärmestrahlung pro Minute und qcm.

Welche Gründe machen die Sonnenwärme leichter ertragbar als die einer künstlichen Beleuchtung?

Ein wesentliches Moment zur Erklärung dieses Verhaltens bieten die Messungen, die ich mittelst einer Bogenlampe angestellt habe. Ich liess das Licht einer 1000-kerzigen Bogenlampe durch ein mit Alaun gefülltes (kühles) Glasgefäss treten und bestimmte die Wege der Strahlung.

Sie betrug in einer Serie von Versuchen bei 9,5 Ampère und 110 Volts 5545,8° meines Galvanometers (B), in einer zweiten Reihe sogar bei 11,5 Ampère und 111 Volts 7431° meines Galvanometers B.

Auf Calorien pro 1 qcm und 1 Minute berechnet macht dies

0,5545—0,7430 grcal. (bei 22—23°).

Diese Wärmemenge hatte aber auch nicht den geringsten Einfluss auf unser Befinden und wurde gar nicht weiter beachtet, während wir sonst bereits 0,023 cal. pro 1 Minute eben bemerkten und 0,0533 schon Hitzegefühl erregte.

Die kurzwelligen Strahlen wirken also gar nicht, oder nur in sehr geringem Grade wärmend auf die Haut.

Die Wärmevertheilung im Sonnenspektrum ist eine ganz eigenartige; sie ist zuerst von W. Herschel[1]) mittelst einer einfachen Methode gemessen worden; er brachte in die einzelnen Theile des Spektrums feine Thermometer und trug die erhaltenen Steighöhen graphisch auf; aus seinen Messungen kann man entnehmen, dass die Wärme des dunklen Theils des Spektrums über Roth hinaus fast ebenso gross ist, wie der Wärmewerth des leuchtenden Theiles. Als Müller mit verbesserten Apparaten die Messungen wiederholte, fand er die dunkle Strahlung — mit der Thermosäule geprüft — reichlicher, als aus Herschels Angaben folgte. Die sichtbare Strahlung machte etwa ⅓ der

1) Tyndall, S. 518.

Gesammtstrahlung aus.[1] Die sonst günstige Strahlung des elektrischen Lichtes enthält aber schon 8 Mal soviel unsichtbare Strahlung wie leuchtende Strahlung. Beim Hindurchgehen durch Wasser kann man diese Wärmestrahlung ähnlich beseitigen, wie die Atmosphäre die der Erde sich nähernde Sonnenstrahlung zerlegt.

Berücksichtigt man diesen Umstand, so werden die Sonnenwirkungen schon verständlicher; bei Tiefstand der Sonne wird die Relation zwischen leuchtender Strahlung und dunkler noch weiter geändert.

Es müssen aber auch noch andere Verhältnisse mitberücksichtigt werden; bei zunehmendem Hochstand der Sonne wird ihr Auffallwinkel auf die Haut des Menschen immer ungünstiger. Bei 30" Zenithdistanz wird der Sinus 0,5 für 50°, 0,77 für 70° = 0,94.

Die Sonnenwirkung trifft nie das Gesicht allein, sondern den ganzen Körper; eine starke Wirkung der Sonne wird durch die Erregung von Schweiss sofort die störende und zu stark wärmende Wirkung mindern.

Die Luftbewegung im Freien mehrt den Wärmeverlust und mildert die Erhitzung. Strahlung ohne die Möglichkeit der Schweisssekretion oder erleichterte Verdunstung, Bedingungen, die bei Gletschertouren und Höhenwanderungen eintreten, steigern die lokalen Wirkungen der Wärme.

Für das Studium der Sonnenstrahlung ergibt sich aber aus diesen Experimenten, dass es zu einer genauen Kenntniss derselben in allen Fällen nicht genügt, die Anzahl der Calorien kennen zu lernen, welche dieselbe uns zusendet, sondern dass es nothwendig ist, das Verhältniss von Licht- und Wärmestrahlung zu erfahren. Leider besitzen wir zur Zeit keinerlei leicht anwendbare Messungsmethoden, um über dieses Verhältniss auch nur Annäherndes festzustellen.

Es wird als eine wesentliche Aufgabe der Zukunft betrachtet werden müssen, nach Mitteln zu suchen, um bei den Sonnen-

---

1) A. a. O., S. 528.

strahlen diejenigen Antheile der Strahlung, welche immer empfunden werden, von den übrigen für diesen Vorgang unwesentlicheren zu scheiden. Die Relationen zwischen der Helligkeit und der fühlbaren Wärme und Strahlung müssten getrennt nachweisbar sein. Unter den Verhältnissen verschiedener Klimate sind diese Relationen sicherlich wechselnd.

Die Funktionen der leuchtenden Strahlung und dunklen Strahlung müssen getrennt der Forschung unterworfen werden.

Temperaturverhältnisse der bestrahlten Gesichtshaut.

Die Bestrahlung durch eine Lampe bringt leicht nachzuweisende Veränderungen an der Haut hervor. Ich befestigte einer Versuchsperson den Kopf in 35 cm Entfernung von der Thermosäule; über der letzteren stand ein Gaslicht, welches im Stande war, bei 35 cm Entfernung eine Ablenkung des Multiplicators von 61,9° zu erzeugen. Das Licht übte keinen Einfluss auf die Säule; es wurde entweder vom Gesichte abgeblendet, oder es fiel direkt auf die Gesichtshaut der Versuchsperson. Die Wärmestrahlung betrug 0,0455 cal. pro 1 qcm, war also eine mässige.

Sofort nach der Bestrahlung durch das Licht nahm die Ausstrahlung des Gesichts nach der Thermosäule zu; diese Raschheit der Wirkung spricht gewiss dafür, dass ein Theil der Wärme nach der Säule zu reflektirt wurde. Aber der Reflex von der Wärme ist nicht allein bei der Vermehrung der Strahlung betheiligt. Folgendes waren die erhaltenen Zahlen:

Ohne Bestrahlung	4,8°	Ausschlag,	bei	Bestrahlung	5,1°,
nach der Beschattung	4,5	„	bei 2.	„	5,1°,
„ „ „	4,2	„	bei 3.	„	5,0°.

Die auf die Haut fallende Wärme wird gewiss deren Temperatur zu ändern im Stande sein; auch ohne weitere direkte experimentelle Erfahrung werden wir diesen Satz als Basis betrachten können.

Wie gross aber diese vermuthliche Erwärmung unser Haut ist, und ob sich die Temperatursteigerung mit der Gefühlsänderung deckt, ob endlich der Wärmezuwachs einzig und allein

die Wirkung der Beleuchtung auf unser Empfinden erklärt, darüber haben wir bis jetzt keinerlei Kenntniss.

Ich habe noch folgende Untersuchungen angestellt. Nachdem für eine Versuchsperson die Grenzen festgesetzt worden waren, innerhalb der die früher klassifizirten Empfindungen auftraten, wurden diese Versuche unter fortwährender Kontrole mittelst eines Thermoëlementes, das zur Temperaturmessung eingerichtet war, wiederholt und immer solange gemessen, bis Temperaturconstanz eingetreten war. Dann wurde die Wärmequelle abgeblendet und der Abfall der Wärme weiter verfolgt.

Da bisher auch die normalen Gesichtstemperaturen nur unvollkommen bekannt sind, haben wir zunächst festgestellt, in wie weit diejenigen Theile des Gesichts, welche bei der Strahlung hauptsächlich irritirt zu werden pflegen, während eines „Normaltages" sich verhalten. Von früh Morgens bis Abends wurden in geringen Intervallen die Messungen durchgeführt.

In Frage kamen Stirn, Augendeckel, Nasenwurzel, Augenwinkel.

Dr. Reichenbach hat sich der dankenswerthen Aufgabe, die Untersuchung an sich anstellen zu lassen, unterzogen. (Folgt Tabelle VII auf S. 134.)

Auch unter möglichst gleichartigen Verhältnissen bleibt die Gesichtstemperatur nicht völlig gleich. Namentlich in den ersten Stunden des Morgens waren die Gesichtstemperaturen vielleicht als Nachwirkung des Waschens oder der frischen Morgenluft noch niedrig, hoben sich aber bald. Späterhin ist das Ansteigen ein nur allmähliches, und Absinken findet nur in sehr bescheidenen Grenzen statt.

Die Regelmässigkeit ist gross genug, um eine Prüfung der Wirkung der Bestrahlung innerhalb verhältnismässig kurzer Zeitintervall zu gestatten.

Was die Erwärmung der Haut anlangt, so lässt sich constatiren, dass jede fühlbare Alterirung auch mit einer messbaren Veränderung der Hauttemperatur verbunden ist; und eine starke Belästigung be-

dingt auch im allgemeinen ceteris partibus eine stärkere Erhöhung der Temperatur.

Tabelle VII.

20. XI. Normal. Zimmertemperatur 14°.

	Stirn		Nasen-		Augenwinkel		Augenlid	
	r.	l.	wurzel	spitze	r.	l.	r.	l.
Morgens 10h 20 Min. bis 11 h 40 Min.	25,6	25,6	26,4	25,8	28,4	28,6	28,1	28,4
	26,1	26,1	26,9	23,8	28,9	29,1	29,9	29,9
	27,4	27,6	28,1	25,6	29,4	29,6	29,6	30,1
	28,9	28,9	27,9	24,6	30,1	30,4	30,1	30,1
12 Uhr	28,9	28,9	28,1	24,8	28,9	29,1	29,9	30,4
	28,6	28,6	28,1	24,3	29,4	29,4	29,9	30,9
	28,9	28,9	28,1	24,8	29,6	29,6	30,4	30,4
1 Uhr	28,1	28,1	27,9	25,3	28,6	29,1	29,9	30,4
	28,9	29,1	29,4	25,3	30,1	30,1	30,6	31,1
2 Uhr	26,6	26,6	27,4	25,8	29,1	29,1	29,9	29,9
3 Uhr (Curs) . .	28,4	28,6	28,1	26,6	30,4	30,6	31,1	31,1
4 Uhr (Curs) . .	28,6	28,6	29,1	27,6	30,1	30,1	30,4	30,9
	28,9	29,1	29,6	26,1	30,6	30,6	31,1	31,4
5 Uhr (Colleg) . .	28,9	28,6	29,1	27,6	29,6	29,4	30,6	30,6
	28,7	29,2	28,7	27,6	30,7	31,0	31,2	32,0
	29,5	30,0	29,5	27,8	30,7	30,7	31,2	31,7
6 Uhr	28,2	28,5	28,2	(24, 7)	28,7	29,5	30,0	30,2
	28,5	28,7	28,7	26,2	29,5	30,0	30,0	30,5
	28,5	29,0	29,0	27,7	30,2	30,7	30,7	31,2

Sonach steht dies Ergebnis, wie mancher denken wird, ganz im Einklang mit dem, was man auch ohne die experimentelle Untersuchung von vornherein anzunehmen geneigt ist; sobald man aber in die Materie näher eindringt, stösst man doch auf neue, unvermuthete Thatsachen.

Zunächst mögen die bei niedriger Temperatur gemachten Beobachtungen angeführt sein. —

Eine eben fühlbare Bestrahlung entsprach einer Hauttemperaturerhöhung um 0,94° C. Als Wärme wurde eine Erhöhung von 1,23—1,49° bemerkt, und störend war eine Wärmezunahme von **2,77°**.

Tabelle VIII.
I. 19. XI. t. = 15°.

Stirn r.	Stirn l.	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.	
				Normal.				
25,8	26	25,3	22,5	28,6	26,8	28,8	28,6	
28,3	28,3	27,8	26,8	29,8	30,3	29,8	29,8	
				Flamme kurze Zeit 15 cm.				
34,1	34,4	33,6	29,8	34,1	35,1	34,8	35,6	
				Abkühlung.				
31,5	31,5	31,8	28,8	32,1	32,6	32,8	32,8	
				Flamme 15 cm.				
36,6	36,9	36,9	35,9	36,9	37,1	37,1	37,1	
				Abkühlung 10 Min.				
32,1	31,8	32,3	29,3	32,8	33,1	33,1	33,1	
35,3	35,7	35,2	29,5	35,5	36,1	35,9	36,3	erhitzt.
28,3	28,3	27,8	26,3	29,8	30,3	29,8	29,8	vorher.
7,0	7,4	7,4	3,2	5,7	5,8	6,1	6,5	
Nachwirkung								
31,8	31,6	32,1	29,1	32,4	32,8	33,0	32,9	
28,3	28,3	27,8	26,3	29,8	30,3	29,8	29,8	
3,5	3,3	4,3	2,8	2,6	2,5	3,2	3,1	

Tabelle IX.
21. XI. t. = 13,3°.

	Stirn r.	Stirn l.	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
				Normal.				
Anfang constant .	25,6	26,2	25,9	23,1	28,2	27,7	28,2	28,7
	27,9	27,9	27,9	25,6	29,2	29,7	29,4	29,2
					29,5 (r. + l.)		29,4 (Augenwinkel l. + Augenlid r.)	

Fortsetzung zu Tabelle IX.

	Stirn r.	Stirn l.	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
				Flamme 47 cm.				
5 Min.	28,5	27,9	29,4	27,4	30,7	30,7	30,2	30,7
10 Min.	28,7	27,9	29,7	28,2	30,9	31,2	30,2	30,7
15 Min.	27,9	28,4	29,4	27,7	30,9	31,2	30,4	30,7
					31,1	30,8		
				Abkühlung.				
15 Min.	29,4	29,7	28,7	26,4	30,4	30,7	29,7	30,2
30 Min.	27,2	27,7	26,7	22,3	28,9	29,2	29,4	29,7
					29,1	29,3		
				Flamme 47 cm.				
20 Min.	29,9	29,9	29,6	25,3	30,9	30,9	30,6	30,4
					30,9	30,7		
				Abkühlung.				
10 Min. . . .	27,4	27,6	27,6	23,6	28,6	28,6	29,9	30,4
					28,6	29,4		

Tabelle X.

21. XI. nachmittags. t. = 14,1°.

	Stirn r.	Stirn l.	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
				Normal.				
Anfang constant .	26,1	26,7	26,4	26,7	29,0	28,7	28,7	28,9
	28,7	28,7	28,7	28,9	30,4	30,4	31,2	31,4
					30,4	30,85		
				Flamme 62 cm.				
20 Min. constant .	28,7	29,9	31,4	30,9	31,9	32,3	32,3	31,4
					32,1	32,0		

Fortsetzung zu Tabelle X.

	Stirn r.	Stirn l.	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
				Abkühlung.				
30 Min.	—	—	29,2	27,7	31,2	30,9	31,2	31,4
					31,1	31,2		
				5 Uhr. Normal.				
Constant	—	—	29,7	26,4	30,9	30,9	31,4	31,9
					30,9	31,3		
				Flamme 62 cm.				
20 Min. constant .	—	—	30,2	29,4	31,7	31,9	31,2	31,2
					31,8	31,5		
				Abkühlung.				
	—	—	29,7	26,4	30,9	30,9	31,7	31,7
					30,9	31,4		

Tabelle XI.

22. XI. t. = 26°.

Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
		Normal.			
30,2	30,4	31,2	31,5	30,7	30,7
		31,4	31,0		
		Flamme 71 cm.			
30,9	31,5	32,0	32,5	31,7	32,0
		32,3	32,05		

Fortsetzung zu Tabelle XI.

	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
			Abkühlung.			
Constant . . .	30,9	31,5	32,5	32,0	31,7	31,7
			32,3	32,0		
			Flamme 63 cm.			
20 Min. . . .	32,0	31,7	32,7	32,7	32,5	32,7
			32,7	32,65		
			Abkühlung.			
45 Min. constant	31,4	32,0	32,1	32,1	32,1	32,2
			32,1	32,1		
			Flamme 63 cm.			
	32,5	32,6	33,0	33,2	33,0	32,2
			33,1	33,1		
			Abkühlung.			
15 Min. . . .	30,7	31,2	32,2	32,0	32,2	32,0
			32,1	32,1		

Tabelle XII.

24. XI. t. = 25°.

	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
			Normal.			
Anfang . . .	29,4	30,2	30,4	30,4	31,2	31,2
45 Min. constant	31,9	31,9	32,5	32,5	32,5	32,7
			32,5	32,55		
			Flamme 38 cm.			
20 Min. constant	33,2	33,2	34,0	33,7	33,5	33,7
			33,9	33,7		
			Abkühlung.			
20 Min. constant	32,0	32,0	32,5	32,3	32,8	32,8
			32,4	32,6		

Fortsetzung zu Tabelle XII.

	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
	Flamme 38 cm.					
20 Min. constant	32,8	32,8	33,3	33,3	33,3	33,5
				33,3	33,35	
	Abkühlung.					
	32,3	32,3	32,0	32,3	32,8	32,8
				32,3	32,5	

Tabelle XIII.

24. XI. t. = 23,8°.

	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.	Augenlid r.	Augenlid l.
	Normal.					
	31,2	31,7	32,2	32,2	32,2	31,9
				32,2	32,1	
	Flamme 24 cm.					
25 Min. constant	34,2	33,9	34,7	34,7	34,7	35,0
				34,7	34,8	
	Abkühlung.					
5 Min. . . .	32,9	33,2	33,7	33,7	34,2	34,2
				33,7		
	Normal. t. = 23,6°.					
Constant . . .	30,7	32,0	32,3	32,3	—	—
				32,3		
	Flamme 57 cm.					
	32,5	32,8	33,5	33,0	—	—
				33,25		
	Abkühlung.					
15 Min. constant	32,0	32,8	32,5	32,8	—	—
				32,65		

Tabelle XIV.

25. XI. t. = 21,5°.

	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.
Normal.				
Constant nach 25 Min. . . .	30	30,5	31,0	31,0
			31,0	
Flamme 38 cm.				
Constant nach 25 Min. . . .	31,7	31,7	32,2	32,2
			32,2	
Abkühlung.				
	30,5	30,7	31,5	31,5
28. XI. t. = 14°.				
	27,2	27,4	29,7	29,7
			29,7	
Flamme 24 cm.				
Constant nach 25 Min. . . .	31,2	31	32,2	31,7
			32,0	
Abkühlung.				
Constant nach 40 Min. . . .	25,5	22	29,7	29,7
			29,7	
Flamme 24 cm.				
	30,0	29,2	32,0	31,7
			31,9	

Fortsetzung zu Tabelle XIV.

	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.
Abkühlung.				
	27	25,7	29,4	29,7
			29,6	

Tabelle XV.

t. = 15°.

	Nasen-wurzel	Nasen-spitze	Augenwinkel r.	Augenwinkel l.
Normal.				
	24,6	23,9	27,4	27,4
			27,4	
Flamme 37 cm.				
Constant nach 20 Min. . . .	27,6	26,6	29,6	29,4
			29,5	
Abkühlung.				
Constant nach 30 Min. . . .	27,4	22,9	28,9	28,9
			28,9	
Flamme 37 cm.				
Constant nach 15 Min. . . .	28,4	27,4	30,1	29,6
			29,9	
Abühlung.				
	26,1	24,4	28,6	28,9
			28,8	

Tabelle XVI.

Zimmertemperatur 13,9°					Zimmertemperatur 23,7°			
Entfernung der Flamme cm	Hauttemperatur vor Annäherung d. Flamme	nachher	Differenz		Entfernung der Flamme cm	Hauttemperatur vor Annäherung d. Flamme	nachher	Differenz
74	—	—	—	Eben bemerkbarer Unterschied	87	—	—	—
62	30,4	32,1	+ 1,7	Deutlicher Unterschied	71	31,4	32,3	+ 0,9
	31,1		— 1,0			32,3		+ 0,
	30,9	31,8	+ 0,9					
	30,9		— 0,9					
47	29,5	31,1	+ 1,6	Schwaches Wärmegefühl	63	32,3	32,7	+ 0,4
	29,1		— 2,0			32,1		— 0,6
	28,6	30,9	+ 1,8			32,1	33,1	+ 1,0
			— 2,3					— 1,0
37	27,4	29,5	+ 2,1	Deutliches Wärmegefühl	57	32,3	33,3	+ 1,0
	28,9		— 0,6			32,7		— 0,6
	28,8	29,9	+ 0,1					
			— 1,1					
24	29,7	32,0	+ 2,3	Beginnende Belästigung	38	32,5	33,9	+ 1,4
	29,7		— 2,3			32,4		— 1,5
	29,6	31,9	+ 2,2			32,2	33,3	+ 0,9
			— 2,3					— 1,1

Ich habe auch noch einen Versuch bei einem Abstand von nur 15 cm ausführen lassen, der trotz der brennenden Hitze 15 Minuten ertragen wurde. Die Temperatursteigerung betraf Stirn, Nasenwurzel, Nasenspitze, Augenwinkel und Augenlid.

Am heissesten wurden Stirne und Nasenwurzel, nämlich um 7,0—7,4° wärmer wie früher. Dann folgten das Augenlid mit 6,1—6,5°, die Augenwinkel mit 5,8—5,7° und endlich die Nasenspitze, welche am besten dabei wegkam und nur 3,2° Zuwachs zeigte.

Das bemerkenswertheste Resultat liegt offenbar darin, dass die Temperaturzuwächse, welche gemessen werden, gar nicht so hohe sind, wie man nach den Empfindungen etwa glauben sollte. — Die Temperaturzuwächse scheinen durchaus nicht so gross,

dass die Erwärmung an sich die grosse Belästigung erklärlich macht. Zur Beurtheilung mögen noch die absoluten Werthe der Temperatur angeführt sein.

Bei den Versuchen, welche sich innerhalb mässiger Wirkungen hielten, schwankte die Hauttemperatur überhaupt nur zwischen 29,1 und 31,7; die niedrige Zahl entsprach aber nicht der geringsten Erwärmung. Die Erwärmung hängt eben von der Anfangstemperatur, welche gewissen Schwankungen unterworfen ist, ab. Da die Haut unter der Kleidung 33—34° aufweist, ohne das brennende Hitzgefühl hervorzurufen, so müssen bei der Wirkung der strahlenden Wärme offenbar entweder die lokale Eigenthümlichkeit der Gesichtshaut oder noch andere Einflüsse mitspielen.

Wenn man die gleichen Gesichtstemperaturen, wie sie durch die Bestrahlung durch das Licht hervorgerufen werden, oder selbst höhere dadurch erzeugt, dass man sich in einem stark geheizten Raume aufhält, wobei das Gesicht stark geröthet erscheint, so hat man keineswegs die gleiche Störung wie durch die Wärmestrahlung. Wir haben Temperaturen von 31,4—32,4 dabei erhalten ohne derartige Empfindungen wie bei der Strahlung, selbst bei niedriger Temperatur; das Störende muss also in der ganz ungleichen Erwärmung der einzelnen Theile liegen. Dies geht auch aus dem Umstande noch hervor, dass die Sonnenbescheinung, welche viel intensiver ist als unsere künstlichen Lichtquellen, doch nicht dieselbe unangenehme Empfindung erzeugt, wie die künstliche Bestrahlung. Zu ungleicher Erwärmung gibt die künstliche Beleuchtung auch wohl dadurch Anlass, dass bei der nahen Stellung der Lampe vielfach scharfe Schatten auftreten. Schatten und beleuchtete Stelle wechseln durch die Kopfbewegung; dadurch ist ein fortwährender Wechsel des Reizes gegeben.

Das Trockenwerden der Augen bei strahlender Wärme weist aber noch auf einen anderen Factor, der bei der Entstehung unangenehmer Empfindungen betheiligt sein kann, hin, auf die Feuchtigkeitsentziehung.

Wenn die Strahlen bei ihrem Auffall von Feuchtigkeit gebunden werden, so wird die Verdunstung begünstigt. Die

letztere kann auch noch durch den Umstand, dass die höher temperirte vorüberstreichende Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, begünstigt werden.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese Austrocknung bei dem spannenden Gefühl betheiligt ist, welches die Bestrahlung durch unsere Leuchteinrichtungen erzeugt, wobei dann die gleichzeitige starke Injection der Haut mit Blut den nachtheiligen Einfluss steigert.

Bei der Erwärmung durch künstliche Lichtquellen handelt es sich um eine locale Beeinflussung, bei der Sonnenwärme um eine allgemeine, welche bei genügender Höhe durch den Schweissausbruch die störende Einwirkung mildert.

Die starke Strahlung der Sonne zwingt uns, auch die empfindlicheren Theile, die Augen, vor ihrer Beeinflussung in Schutz zu nehmen; wir machen immer nur in Ausnahmsfällen bei der Sonne Beobachtungen über eine ähnliche Strahlungsweise, wie sie künstliche Lichtquellen hervorrufen.

Diese unsere Anschauung, dass die Temperaturverhältnisse der Haut an und für sich keine ausreichende Erklärung für die nachtheilige Wirkung der strahlenden Wärme geben, wird durch unsere Beobachtungen bei hohen Lufttemperaturen noch weiter begründet und erläutert. Es mögen die Thatsachen im Ganzen hier angeführt sein, nicht nur die auf die vorher erörterte Frage bezüglichen.

Bei hohen Lufttemperaturen bemerkt man, wie früher erwähnt, schon bei noch grosser Entfernung der Wärmequelle vom Gesicht, störende Empfindungen. Man könnte geneigt sein, zu vermuthen, dass es bei höherer Lufttemperatur nur eines ganz geringen Wärmezuwachses bedürfe, um Empfindung oder Störung hervorzurufen.

Kunkel berichtet, dass die höchste Hauttemperatur, welche er in einem sehr heissen Zimmer beobachtete, 35,5° betrug ohne Schweisssecretion. Es bestand dabei subjectiv das Gefühl unangenehmer Hitze; steigt die Temperatur der Gesichtshaut etwa über 34,8—35,0, so wird der Zustand als unbequem heiss empfunden. Eine derartige Temperaturgrenze lassen die

vorliegenden Versuche bei Bestrahlung durch eine Wärmequelle nicht erkennen. Wenn Jemand in einem warmen Zimmer sich befindet, so ist seine Gesichtshaut schon so warm, wie bei einem Menschen, der in kühler Luft sich einer intensiven Erhitzung durch Strahlung ausgesetzt hat; nämlich sie besitzt 31,4—32,4° Temperatur.

Die Auslösung der einzelnen Reactionen und Empfindungen, die wir zur Grenzbestimmung benutzt haben, entsteht bei hoher Lufttemperatur durch weit geringere Temperaturzuwächse als im kalten Raume. Schon ein Zuwachs an 0,4° wird bemerkt, 0,9° nennt man fühlbare Wärme, 1,1° Zuwachs ist störend und lästig. Bei hoher Hauttemperatur scheint also im allgemeinen eine grössere Empfindlichkeit für die störende Einwirkung der Wärme gegeben zu sein.

Ich komme auf Grund der vorliegenden Untersuchung zu dem Schlusse, dass die bei Bestrahlung durch künstliche Beleuchtung sich geltend machenden Störungen nicht durch die absolute Höhe der Hauttemperatur allein erklärt werden können, sondern dass die relativen Verhältnisse der Steigerung und die Wärmevertheilung von wesentlicher Bedeutung sind, und dass die Wasserverdampfung und die von ihr bedingten Austrocknungserscheinungen als bedeutungsvolle Momente aufgefasst werden müssen.

Ueber die Einwanderung von Choleravibrionen in's Hühnerei.

Von

Marinestabsarzt Dr. **Wilm**,
Assistenten am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die Choleraepidemieen der letzten Jahre haben mit Wahrscheinlichkeit dargethan, dass der Erreger der Cholera durch Wasser und Nahrungsmittel verbreitet und auf den Menschen übertragen werden kann.

Was Trink- und Gebrauchswässer betrifft, gelang es in mehreren Fällen die Koch'schen Kommabacillen in Brunnen, Wasserleitungen und Flüssen nachzuweisen; hinsichtlich unserer Nahrungsmittel ist jedoch bis jetzt der directe Nachweis des Choleraerregers in solchen nicht gelungen.

Dass aber wirklich, wenn auch vielleicht selten, solche Uebertragungen von Cholera durch Nahrungsmittel vorkommen, wird durch verschiedene, in der Literatur beschriebene Fälle bewiesen. Zwei derartige Uebertragungen von Cholera durch verdächtiges Butterbrot während der letzten Epidemieen sind im Jahre 1892 von Kossel[1]) und Steyerthal[2]) mitgetheilt worden. Auch in früheren Epidemieen hatte man schon ähnliche Be-

---

1) Kossel. Uebertragung der Cholera asiatica durch Lebensmittel. Deutsche med. Wochenschr., 1892, Nr. 45, S. 1024.

2) Steyerthal. Zur Uebertragung der Cholera asiatica durch Nahrungsmittel. Deutsche med. Wochenschr., 1892, Nr. 47, S. 1077.

obachtungen gemacht.[1]) Aus der Epidemie vom Jahre 1867 wurden von Niericker[2]) und Zehnder[3]) Fälle beschrieben, welche ihre Entstehung wahrscheinlich dem Genusse von inficirten Rindsfüssen verdankten. Aus der Epidemie des Jahres 1873 berichtete Hirsch[4]) über einen Fall, wo die Infection mit Cholera durch Süssigkeiten (Confect, Kakao) vermittelt wurde, aus der des Jahres 1885/86 in Oesterreich Gruber[5]) über 3 Fälle, wo der Ausbruch der Cholera nach Genuss eines verdächtigen Ragouts erfolgte. Aus der englisch-ostindischen Choleraliteratur sind von Knüppel[6]) vier Fälle zusammengestellt worden, in welchen Milch (zwei Fälle), Früchte (Papayafrucht) und Salat die Träger der Cholerakeime gebildet hatten.

Auf Grund der Thatsache, dass unsere Nahrungsmittel eine gefährliche Rolle bei der Uebertragung der Cholera spielen können, ist in den letzten Jahren eine Reihe von Arbeiten[7]) entstanden, die das Verhalten der Choleravibrionen auf unseren Nahrungs- und Genussmitteln zum Gegenstande hatten und zeigten, dass die Kommabacillen auf vielen Nahrungsmitteln selbst nach Wochen noch nicht abgestorben waren. Keine der Arbeiten hat jedoch über das Verhalten der Choleravibrionen

1) Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte, 8. Band, S. 466.

2) Nieriker. Die Cholerafälle im Bezirke Baden (Kanton Aargau) im Jahre 1867. S. 4 ff.

3) Zehnder. Bericht über die Choleraepidemie des Jahres 1867 im Kanton Zürich, S. 10 u. 11.

4) Hirsch. Die Choleraepidemie des Jahres 1873 in Norddeutschland. S. 98. Berichte der Choleracommission für das Deutsche Reich, Heft 6.

5) Gruber. Die Cholera in Oesterreich in den Jahren 1885/86. Bericht des VI. internationalen Congresses für Hygiene und Demographie zu Wien 1887, Heft 18, S. 141.

6) Knüppel. Die Erfahrung der englisch-ostindischen Aerzte betreffs der Choleraätiologie, besonders seit dem Jahre 1893. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. X, S. 402 ff.

7) Hesse. Unsere Nahrungsmittel als Nährböden für Typhus und Cholera. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. V, S. 527 ff. — Heim. Ueber das Verhalten der Krankheitserreger der Cholera, des Unterleibstyphus und der Tuberkulose in Milch, Butter und Käse. Arbeiten aus d. Kais. Gesundheitsamte, Bd. V, S. 294 ff. — Friedrich. Beiträge zum Verhalten der Cholerabacterien auf Nahrungs- und Genussmitteln. Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte, Bd. VIII, S. 465 ff.

zu dem Hühnerei, diesem so wichtigen Nahrungsmittel, genügenden Aufschluss gegeben. Es sollen deshalb die im Sommer 1894 im Auftrage des Herrn Professors Dr. Rubner über die Einwanderung von Cholera-Vibrionen in's Hühnerei angestellten Versuche des allgemeinen Interesses wegen im Folgenden mitgetheilt werden.

Versuche, betreffend das Verhalten von Cholera-Reinculturen zu keimfrei gemachten unverletzten Hühnereiern.

Um zunächst zu ermitteln, ob die Choleravibrionen durch die unversehrte Eischale in das Hühnerei gelangen könnten, wurden Cholerareinculturen mit steril gemachten Hühnereiern zusammengebracht.

Das Choleramaterial lieferte zu diesen Versuchen eine Cholerareincultur, welche von einem im Juni 1894 in Inowrazlaw vorgekommenen Cholerafalle stammte und am 4. Juli 1894 zum 3. Male auf Agar umgezüchtet worden war. Am 5. Juli wurden von der 3. Generation eine Anzahl von Agar-Gelatine-Bouillon- und Peptonwasserröhrchen geimpft. Nach 18 stündigem Wachsthum wurden dieselben am 6. Juli makroskopisch und mikroskopisch untersucht, die Bouillon- und Peptonwasserröhrchen auf Cholerarothreaction und zwei Agarröhrchen auf ihre Giftigkeit geprüft, während die übrigen Agarculturen zu den anzustellenden Versuchen zurückbehalten wurden.

Das Resultat der Untersuchungen der Culturen war folgendes:

1. Die 18stündige Agarcultur zeigte kräftiges Wachsthum in Gestalt eines starken grauen glänzenden Rasens und mässig gekrümmte, kurze und dicke, zahlreiche S- und Fadenformen bildende und schwache Eigenbewegung zeigende Vibrionen.

2. Die 18stündige Bouilloncultur zeigte starke Trübung und starke Häutchenbildung. Die Beschaffenheit der Vibrionen war wie bei der Agarcultur. Keine Rothreaction.

3. Die 18stündige Peptonwassercultur zeigte starke Trübung und ganz zarte Häutchenbildung. Die Vibrionen waren schlank und stark gekrümmt, bildeten zahlreiche S-Formen und waren schwach eigenbeweglich. Deutliche Cholerarothreaction.

4. Die Gelatinestichcultur zeigte in ihrem Wachsthum und Verflüssigungsvermögen keine besonderen Eigenthümlichkeiten. Am 3. bis 4. Tage zeigte sich unter dem Verdunstungstrichter Verflüssigung, die schnell zunahm. Die Beschaffenheit der Vibrionen war wie bei der Agarcultur.

Die Prüfung der Giftigkeit ergab, dass die Hälfte einer 18stündigen Agarcultur bei intraperitonealer Infection ein Meerschwein von etwa 400 g innerhalb 15 bis 20 Stunden tödtete. Die Agarculturen, welche bei diesen und den späteren Prüfungen der Giftigkeit zur Verwendung kamen, enthielten durchschnittlich 24 mg bezw. 16 Oesen zu 1,5 mg Choleramasse.

Am 6. Juli wurden 12 frische Hühnereier nach der Methode von Hüppe[1]) zunächst mit Wasser, Seife und Bürste gut gereinigt, darauf in Säuresublimatlösung (1 g Sublimat und 5 g Salzsäure auf 1000 g Wasser) eine Stunde lang sterilisirt, dann 10 Minuten lang in absoluten Alkohol gelegt, mit Aether abgespült und sodann einzeln in weite mit sterilem Peptonwasser (10 g Pepton und 5 g Kochsalz auf 1000 g Wasser) bis zur Hälfte gefüllte und mit einem Wattepfropf verschlossene Glasgefässe gebracht, wobei die Eier von der Herausnahme aus der Sublimatlösung bis zum Einbringen in die Glasgefässe in ausgeglühten Drahtschlingen ruhten. Das Peptonwasser der Glasgefässe wurde mit einigen Oesen der 4. Generation der oben beschriebenen Agarcultur von Cholera geimpft.

Die Glasgefässe wurden darauf 48 Stunden lang in den Brutschrank bei 37° C. Temperatur gestellt.

Nach dieser Zeit wurden die Eier am 8. Juli mittelst ausgeglühter Drahtschlingen aus den Gefässen entfernt und sofort 1 Stunde lang in Säuresublimatlösung gelegt, worin sie mit einer Bürste von anhaftenden Peptonwasserniederschlägen gereinigt wurden.

Die eine Hälfte der so gereinigten und steril gemachten Eier — also 6 Stück — wurde sodann aus der Sublimatlösung genommen, an beiden Polen über dem Bunsenbrenner stark

---

1) Berliner klin. Wochenschrift, 1890, Nr. 41.

abgeglüht und daselbst vermittelst einer ausgeglühten Pincette mit Löchern, einem kleineren an dem spitzen Pole und einem grösseren an dem stumpfen Pole, versehen, worauf der Inhalt der Eier durch das grössere Loch in sterile Petri'sche Doppelschälchen entleert wurde. Mit dem Eiweiss und dem Eigelb der einzelnen Eier, die ihre natürliche Beschaffenheit bewahrt hatten und keinen besonderen Geruch darboten, wurden sterile Peptonwasserröhrchen, Bouillonröhrchen, schräg erstarrte Agarröhrchen, Gelatineröhrchen, Traubenzuckeragarröhrchen in hoher Schicht geimpft und Gelatineplatten angelegt. Mit Theilen der die Eischale innen auskleidenden Haut wurden sterile Peptonwasserröhrchen und schräg erstarrte Agarröhrchen beschickt. Der Inhalt der einzelnen Glasgefässe, in denen die Eier 48 Stunden lang aufbewahrt gewesen waren, wurde vermittelst des Anreicherungsverfahrens in Peptonwasserröhrchen und des Gelatineplattenverfahrens auf seinen Bacteriengehalt geprüft.

Das Eigelb und das Eiweiss der einzelnen Eier wurde ausserdem vermittelst gefärbter Deckglasausstrichpräparate, die vor der Färbung behufs Entfernung von Fett- und Eiweisstoffen mit Aether und 1% Essigsäure behandelt waren, auf ihren Bacteriengehalt untersucht, wobei 5 Eier ganz vereinzelte dicke, stark gekrümmte und zum Theil in S-Formen angeordnete Choleravibrionen und ein Ei neben solchen Vibrionen noch andere Bacterien in Gestalt von dicken, plumpen Stäbchen aufwiesen.

Am 9. und 10. Juli wurden die am 8. Juli geimpften Nährböden untersucht und dabei nach 24 bezw. 48stündiger Wachsthumszeit folgende Befunde ermittelt:

Die Anreicherungen des Inhaltes der einzelnen Glasgefässe im Peptonwasser ergaben überall Reinculturen von Choleravibrionen und deutliche Cholerarothreactionen. Auf den Gelatineplatten, die mit dem Inhalte beschickt waren, zeigten sich ebenfalls nur Choleracolonieen.

Auf den Nährböden von 5 Eiern wurde überall Wachsthum von Cholerareinculturen constatirt, nicht dagegen auf denjenigen des 6. Eies. Hier waren in den Peptonwasserröhrchen und in

den Traubenzuckeragarröhrchen, welch' letztere zudem Gasentwickelung aufwiesen, noch andere Bacterien und zwar dicke, plumpe Stäbchen vorhanden. Das Impfmaterial für diese zuletzt genannten Nährböden stammt von demselben Ei her, bei dem in den Deckglasausstrichpräparaten neben Choleravibrionen ebenfalls dicke plumpe Stäbchen gefunden waren.

Die Culturen auf den einzelnen Nährböden der zuerst genannten 5 Eier waren folgendermaassen beschaffen:

1. Auf den Agarröhrchen befanden sich theils ganz vereinzelt, theils in grösserer Anzahl runde Colonien von grauer glänzender Farbe, die sich als Cholerareinculturen erwiesen und den specifischen Cholerageruch hatten. Die Vibrionen waren dick, stark gekrümmt und von lebhafter Eigenbewegung und bildeten zahlreiche S-Formen.

2. Die Peptonwasserröhrchen waren stark getrübt, verbreiteten den specifischen Choleragеruch und gaben auf Zusatz von reiner Schwefelsäure unmittelbar deutliche Cholerarothreactionen. Die Vibrionen zeigten dieselbe Beschaffenheit wie diejenigen der Agarculturen.

3. Die Bouillonculturen zeigten Trübung und schwache Häutchenbildung und gaben auf Zusatz von reiner Schwefelsäure unmittelbar deutliche tiefrothe Cholerarothreactionen. Die Beschaffenheit der Vibrionen war dieselbe wie diejenige der Agarculturen.

4. Die Traubenzuckeragaröhrchen enthielten Reinculturen von dicken und stark gekrümmten Vibrionen.

5. Das Wachsthum der Gelatinestichculturen ging in gewöhnlicher Weise vor sich. Die Verflüssigung ging jedoch schneller vor sich als in den Röhrchen, welche zu gleicher Zeit mit den Vibrionen der 4. Generation geimpft wurden, die nicht das Ei passirt hatten.

6. Auf den Gelatineplatten wurden überall nur Choleracolonieen vorgefunden.

Zur Prüfung der Giftigkeit der in das Ei eingewanderten Vibrionen wurden am 9. Juli mit den direct aus dem Ei gezüchteten 24stündigen Agarculturen und am 11. Juli mit

18 stündigen Agarculturen, die am 10. Juli von Gelatineplattencolonieen abgeimpft waren, Versuche an Meerschweinchen angestellt. Dieselben ergaben, dass beiderlei Culturen viel giftiger waren, als die ursprüngliche Cultur, welche zur Impfung der Glasgefässe benutzt worden war; denn es genügte bereits $^1/_8$ bezw. $^1/_{16}$ dieser Culturen, um Meerschweine von etwa 400 g Gewicht durch intraperitoneale Injection innerhalb 15—20 Stunden zu tödten.

Der Sectionsbefund der unter dem bekannten, bei der intraperitonealen Injection mit Choleravibrionen auftretenden Krankheitsbilde eingegangenen Meerschweinchen bot die gewöhnlich beobachteten Veränderungen dar. Das Bauchfell war meistens geröthet und enthielt stets geringere oder grössere Mengen einer hellgelben oder schwach röthlichen serösen Flüssigkeit. Die Darmschlingen erschienen meist hellroth, manchmal auch blass grau. Die Leber und Milz waren schlaff, die Leber war meist mit einem graugelben Belage versehen, die Lungen waren blutreich und das Herz war mit Blut prall gefüllt. Gewöhnlich wurden in den Exsudaten der Brust- und Bauchhöhle mikroskopisch und culturell zahlreiche Vibrionen gefunden, manchmal aber auch nur vereinzelte oder gar keine. In den Fällen, wo nur vereinzelte oder gar keine Vibrionen gefunden wurden, waren in den Exsudaten sehr viele grosse polynukleäre und stark granulirte weisse Blutkörperchen vorhanden. Im Blute wurden Vibrionen mikroskopisch fast nie gefunden und durch das Culturverfahren nur in etwa 80 % der Fälle nachgewiesen.

Die Giftigkeit der aus den Eiern gezüchteten Agarculturen verhielt sich bis zur fünften Generation unverändert und nahm dann wieder ab.

Die zweite Hälfte der am 8. Juli aus den Glasgefässen entfernten Eier wurde nach Herausnahme aus der Sublimatlösung noch 4 Tage lang, bis zum 12. Juli trocken im Brutschrank bei 37° C. Temperatur aufbewahrt und dann genau so untersucht wie die erste Hälfte. Die Resultate der Untersuchung ergaben bei 4 Eiern Reinculturen von Choleravibrionen. Das Eiweiss dieser Eier war getrübt und der ganze Eiinhalt roch schwach nach Schwefelwasserstoff. Die Ausstrichpräparate vom Eiweiss und

Eigelb wiesen im Vergleich zu den zuvor untersuchten Eiern nicht spärliche, sondern zahlreiche, dicke und starkgekrümmte, theils in S-Form angeordnete Vibrionen auf. Die letzten zwei Eier dieser zweiten Hälfte waren ganz verdorben und wiesen neben Choleravibrionen zahlreiche Stäbchen auf, von denen einige theils aerob, theils anaerob unter Gasentwicklung in Traubenzuckeragar wuchsen. In dem Peptonwasser der Glasgefässe dieser zuletzt genannten Eier wurden ebenfalls neben Choleravibrionen zahlreiche Stäbchenbacterien gefunden.

Vom 16. bis 24. Juli wurden nochmals 10 Eier auf dieselbe Weise, wie die 12 beschriebenen behandelt und untersucht, wobei in 8 Eiern Choleravibrionen in Reincultur und in 2 Eiern neben Choleravibrionen noch andere Bacterien vorgefunden wurden.

Zur Bestimmung der Zeit, welche für die Einwanderung der Choleravibrionen in's Hühnerei nothwendig war, wurden folgende Versuche angestellt:

Am 26. Juli wurden morgens um 8 Uhr 12 bis zur Hälfte mit Peptonwasser gefüllte und mit je einer Oese einer 15stündigen Agarcultur von Cholera geimpfte Glasgefässe mit je einem steril gemachten Ei beschickt und in den Brutschrank gestellt. Von Stunde zu Stunde wurde dann immer ein Ei aus den Gefässen entfernt. Die Eier wurden sofort in Sublimatlösung gut gereinigt und sterilisirt. Nach starker Abglühung der beiden Pole wurde der Eiinhalt durch Löcher an den Polen in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert. Von jedem Ei wurden mehrfache Anreicherungen in Peptonwasser angelegt, die in den Brutschrank gestellt und nach 12 Stunden mehrfach auf Choleravibrionen untersucht wurden. In den sämmtlichen Anreicherungen dieser 12 Eier wurden Choleravibrionen nicht gefunden. Dasselbe Resultat ergaben Anreicherungen derselben Eier nach 5 Tagen aus den Erlenmeyer'schen Kölbchen, die während dieser Zeit im Brutschrank bei 37° C. aufbewahrt gewesen waren.

Am 28. Juli wurden um 8 Uhr abends abermals 10 Eier in 10 zur Hälfte mit Peptonwasser gefüllte, und mit einer Oese einer 12stündigen Agarcultur von Cholera geimpfte Glasgefässe gethan und in den Brutschrank bei 37° C. Temperatur

gestellt. Am 29. Juli wurde dann von 8 Uhr morgens ab stündlich aus den Gefässen ein Ei entfernt und auf die zuvor angegebene Weise untersucht. Dabei ergab sich, dass die Eier, welche 15 Stunden und länger in dem Peptonwasser bei Bruttemperatur zugebracht hatten, Choleravibrionen enthielten.

Eier, die bei Zimmertemperatur von 18—20° C. auf diese Weise aufbewahrt und untersucht wurden, wiesen in ihrem Inhalt ebenfalls nach 15—16 Stunden Choleravibrionen auf, während Eier, die im Eisschrank bei 7° C. so aufbewahrt wurden, dieselben erst nach 18 Stunden darin aufwiesen.

Um festzustellen, ob die Choleravibrionen aus dem Hühnerei auch wieder auswandern könnten, wurde folgendermaassen verfahren:

Es wurden am 1. August 4 gut sterilisirte Eier nach der Methode von Hüppe[1]) geimpft. Die Impfstellen wurden mit Paraffin und Collodium fest verschlossen. Die Eier wurden sodann 4 Tage lang bei Bruttemperatur aufbewahrt und am 5. August abends 8 Uhr, nachdem sie zuvor auf die bekannte Weise gut sterilisirt waren, in 4 Glasgefässe mit sterilem Peptonwasser gethan. Am 6. August wurde das Peptonwasser der Gefässe von morgens 8 Uhr ab stündlich mikroskopisch und culturell durch Anreicherungen in Peptonwasserröhrchen auf Choleravibrionen untersucht, wobei sich ergab, dass das Peptonwasser nach 15stündigem Aufenthalte der Eier darin Choleravibrionen enthielt.

Derselbe Versuch wurde mit 4 anderen Eiern angestellt, die zuvor 4 Tage lang in mit Cholerareincultur geimpftem Peptonwasser gelegen hatten, sodann daraus entfernt und gut sterilisirt waren, und ergab dasselbe Resultat, wie der zuvor geschilderte.

Bei Zimmertemperatur von 18—20° C. gebrauchten die Choleravibrionen ebenfalls 15—16 Stunden und im Eisschrank bei 7° C. 20 Stunden, um aus den Eiern in das Peptonwasser zu gelangen.

Wurden Eier in Gefässe mit Peptonwasser gebracht, welche 12 Tage zuvor mit Choleravibrionen geimpft und so lange bei

1) Scholl. Untersuchungen über giftige Eiweisskörper bei Cholera asiatica und einigen Fäulnisprocessen. Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 184.

Zimmertemperatur aufbewahrt waren, so blieben sie frei von Choleravibrionen. Dasselbe war der Fall bei Eiern, die in mit 18stündigen Milzbrandculturen geimpfte Gefässe mit Peptonwasser gelegt wurden. In den 12 Tage alten Peptonwasseranreicherungen von Cholera wurden nur Involutionsformen von Choleravibrionen vorgefunden.

Versuche, betreffend das Verhalten der Choleravibrionen zu steril gemachten Gelatineeiern.

Um über die Art und Weise der Einwanderung der Choleravibrionen in's Hühnerei genauere Kenntnis zu erlangen, wurden am 10. August 8 gut gereinigte und in Säuresublimatlösung sterilisirte Hühnereier durch sehr kleine, an den stark abgeglühten Polen vermittelst einer ausgeglühten Pincette angebrachte Löcher ihres Inhaltes entledigt und mit steriler Gelatine gefüllt. Die Oeffnungen an den Polen wurden mit Paraffin und Collodium fest verschlossen. Nachdem die so gefüllten Eier wieder eine Stunde lang in Säuresublimatlösung sterilisirt, darauf 10 Minuten in absoluten Alkohol gebracht und dann mit Aether abgespült waren, wurden sie einzeln vermittelst ausgeglühter Drahtschlingen in Glasgefässe mit sterilem Peptonwasser gebracht, die sodann mit je einer Oese der 4. Generation der zu Anfang beschriebenen Agarcultur von Cholera Inowrazlaw beschickt wurden. Die eine Hälfte der Eier wurde dann 3 Tage lang bei Bruttemperatur, und die andere ebensolange bei Zimmertemperatur von 17° C. aufbewahrt. Nach dieser Zeit wurden die Eier am 11. August aus dem Peptonwasser herausgenommen, eine Stunde lang in Säuresublimatlösung gereinigt und sterilisirt und darauf trocken 6 Tage lang an einem kühlen Orte bei 17° C. aufbewahrt. Am 17. August wurden 4 Eier — 2 die sowohl bei Brut- als auch bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesen waren, und 2, die nur bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesen waren — 3 Stunden lang in eine Mischung von Eis und Kochsalz gelegt und dann mittels ausgeglühter Pincette bis zur Hälfte von der Schale und Eihaut befreit, wobei an der Peripherie bei durchfallendem Lichte sandkorngrosse Kolonien bemerkt wurden. Halbirte man mittels eines scharfen, breiten und flachen Messers

solch ein Gelatineei, welches wie frische Cholerareinculturen roch, so stellte sich heraus, dass bei den sowohl bei Brut- als auch bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesenen Eiern auch im Innern solche Colonieen lagen, während dies bei den nur bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesenen Eiern nicht der Fall war. Legte man ganz dünne Scheiben solcher Gelatineeier auf Glasplatten unter das Mikroskop, so erwiesen sich die Colonieen bei 100facher Vergrösserung als ganz unregelmässig begrenzte grobkörnige Choleracolonieen, bei denen von Verflüssigung wenig zu bemerken war. Zwei Gelatineeier, bei welchen zur Hälfte Eischale und Eihaut entfernt waren, wurden in sterilen mit einem Wattepfropf verschlossenen Glasgefässen aufgehängt, worin ganz allmählich von der Peripherie nach der Mitte zu Verflüssigung der Gelatine eintrat.

Die übrigen 4 Gelatineeier wurden am 17. August nach gründlicher Reinigung und Sterilisirung in Säuresublimatlösung durch leichte Erwärmung flüssig gemacht und dann mikroskopisch und culturell vermittels des Plattenverfahrens untersucht. Dabei wurde gefunden, dass mit Ausnahme eines Eies, welches durch Heubacillus verunreinigt war, überall zahlreiche Choleravibrionen vorhanden waren.

Von den Colonieen der Gelatineplatten wurden Reinculturen angelegt in Gelatine, auf Agar, in Peptonwasser und in Bouillon. Die einzelnen Reinculturen waren nach 18 stündigem Wachsthum folgendermaassen beschaffen:

1. Auf den Agarröhrchen waren graue, glänzende Rasen vorhanden, welche aus stark gekrümmten, schlanken, zahlreiche S-Formen bildenden und lebhaft beweglichen Vibrionen bestanden.

2. Die Peptonwasserröhrchen waren getrübt, zeigten ganz schwache Häutchenbildung, gaben auf Zusatz von reiner Schwefelsäure sofort deutliche Cholerarothreaction und enthielten stark gekrümmte, schlanke, wenig S-Formen bildende und schwach eigenbewegliche Vibrionen.

3. Die Bouillonröhrchen waren getrübt, mit Häutchen versehen, gaben die Cholerarothreaction nicht und enthielten stark gekrümmte, schlanke und lebhaft eigenbewegliche Vibrionen.

4. Die Gelatinestichculturen zeigten das übliche Wachsthum. Vom 3. Tage ab ging die Verflüssigung der Gelatine rasch vor sich und zwar schneller als bei Röhrchen, welche mit der ursprünglichen zum Impfen der Glasgefässe benutzten Cultur geimpft waren. Die Verflüssigung ging ebenso schnell vor sich wie in Röhrchen, die zum Vergleiche mit den durch das Hühnerei geschickten Vibrionen geimpft wurden.

Bei den intraperitonealen Impfversuchen mit den 18stündigen von den Gelatineplatten abgeimpften Agarculturen ergab sich auch hier wie bei den Eicholeraculturen eine gewisse Zunahme der Giftigkeit derselben im Vergleich zu der ursprünglichen zum Impfen der Glasgefässe benutzten Agarcultur; denn es wurden Meerschweine von etwa 400 g Gewicht bereits durch $^1/_4$, manchmal auch durch $^1/_8$ dieser Agarculturen innerhalb 15—20 Stunden getödtet, während dies, wie zuvor mitgetheilt wurde, erst durch $^1/_2$ der ursprünglichen Agarcultur bewirkt wurde.

Die Giftigkeit der Gelatineei-Agarculturen erhielt sich ebenso wie diejenige der Eiagarculturen bis zur 5. Generation unverändert und nahm dann ab.

Der Sectionsbefund der durch die Gelatineeicholeraculturen getödteten Meerschweine war derselbe, wie bei den durch die Eicholeraculturen getödteten Thieren.

Die Resultate der mit den einzelnen Choleraarten durch die intraperitoneale Injection bei Meerschweinen vorgenommenen Impfungen sind in den folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt:

A. Resultate der Impfversuche mit 18 stündigen Agarculturen von Cholera Inowrazlaw (4. Generation).

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
6.Juli	1	Meerschwein 480 g	$^1/_2$ Agarcult. a (8 Oesen zu 1,5 mg = 12,0 mg) in 1 ccm Bouillon aufgeschwemmt.	†	Injection 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 34,3° C. † in der Nacht. In dem Peritonealexsudat zahlreiche Vibrionen.

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
		Meerschwein			
6. Juli	2	385 g	1/4 Agarcult. a (4 Oesen = 6,0 mg) in 1 ccm Bouill.	Starke Giftwirkung. Thier erholt sich.	Injection 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,7° C. Langsames Ansteigen der Körpertemperatur. Thier erholt sich völlig.
	3	352 g	1/8 Agarcult. a (2 Oesen = 3,0 mg).	Leichte Giftwirkung. Thier erholt sich.	Injection 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,2° C. Die Körpertemperatur wird sehr bald normal. Thier erholt sich völlig.
	4	475 g	1/2 Agarcult. b (8 Oesen = 12 mg).	†	Injection 2,30 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 34,1° C. † in der Nacht. In dem Peritonealexsudat zahlreiche Vibrionen.
	5	306 g	1/4 Agarcult. b (4 Oesen = 6 mg).	Starke Giftwirkung. Thier erholt sich.	Injection 2,30 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,7° C. Die Temperatur steigt schnell wieder. Thier erholt sich völlig.
	6	275 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	Ganz leichte Giftwirkung.	Injection 2,30 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,8° C. Thier erholt sich sehr schnell.

B. Resultate der Impfversuche mit 18—24 stündigen Agarculturen von Eicholera.

Ia. Erste Generation (direct aus dem Ei gezüchtet).

9. Juli	1	427 g	1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 33,2° C. † in der Nacht. Das Peritonealexsudat weist zahlreiche Vibrionen auf.
	2	395 g	1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 34,1° C. † in der Nacht.
	3	370 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,4° C. † in der Nacht. Spärliche Vibrionen. Zahlreiche weisse, stark granulirte Blutkörperchen.
	4	350 g	1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,9° C. † am nächsten Morgen 8 Uhr. Ganz spärliche Vibrionen in dem Peritonealexsudat. Viel weisse, stark granulirte Blutkörperchen.

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
		Meerschwein			
9. Juli	5	370 g	1/32 Agarcult. (1/2 Oese = 0,75 mg).	Leichte Giftwirkung. Thier erholt sich.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,9° C. Die Temperatur wird schnell normal. Thier erholt sich völlig.
			Ib. Erste Generation (von Gelatineplatte abgeimpft).		
11. Juli	1	545 g	1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,5° C. † in der Nacht. Im Peritonealexsudat zahlreiche Vibrionen.
»	2	340 g	1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,8° C. † in der Nacht. Zahlreiche Vibrionen in dem Peritonealexsudat.
»	3	400 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,2° C. † am nächsten Morgen 10 Uhr. Keine Vibrionen im Peritonealexsudat und viele weisse, stark granulirte Blutkörperchen.
»	4	345 g	1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	Ganz leichte Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,9° C. Thier erholt sich sehr schnell.
»	5	326 g	1/32 Agarcult. (1/2 Oese = 0,75 mg).	Keine merkliche Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund.
			II. Fünfte Generation (direct aus dem Ei gezüchtet).		
20. Sept.	1	365 g	1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,1° C. † in der Nacht. Viele Vibrionen im Peritonealexsudat.
»	2	370 g	1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,0° C. † am nächsten Morgen. Viele Vibrionen im Peritonealexsudat.
»	3	330 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,3° C. † in der Nacht. Spärliche Vibrionen in dem Peritonealexsudat. Viele granulirte weisse Blutkörperchen.

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
		Meerschwein			
20. Sept.	4	315 g	1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	Kaum merkliche Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,8° C. Thier erholt sich sehr schnell.
»	5	275 g	1/32 Agarcult (1/2 Oese = 0,75 mg).	Keine Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund.

III. Sechste Generation (direct aus dem Ei gezüchtet).

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
3. Oct.	1	380 g	1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,3° C. † in der Nacht. Viele Vibrionen im Peritonealexsudat.
	2	255 g	1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,8° C. † am nächsten Nachmittage. Zahlreiche Vibrionen im Peritonealexsudat.
»	3	370 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3,0 mg).	Kaum merkliche Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,4° C. Thier erholt sich sehr schnell.
	4	240 g	1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	Keine Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,1° C. Thier bleibt gesund.
	5	200 g	1/32 Agarcult. (1/2 Oese = 0,75 mg).	Keine Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,2° C. Thier bleibt gesund.

C. Resultate der Impfversuche mit 18—24stündigen Agarculturen von Gelatineei-Cholera.

I. Erste Generation (von Gelatineplatte abgeimpft).

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
20. Aug.	1	340 g	1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,7° C. † in der Nacht. Viel Vibrionen in dem Peritonealexsudat.
»	2	370 g	1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37° C. † am nächsten Vormittag 10 Uhr. Viel Vibrionen im Peritonealexsudat.
»	3	350 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	†	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,3° C. † am nächsten Vormittag 11 Uhr. Viel Vibrionen im Peritonealexsudat.

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
		Meerschwein			
20. Aug.	4	330 g	1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	Keine Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,1° C. Thier bleibt gesund.
.	5	220 g	1/32 Agarcult. (1/2 Oese = 0,75 mg.)	Keine Giftwirkung.	Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,9° C. Thier bleibt gesund.
		II. Fünfte Generation (von Gelatineplatte abgeimpft).			
1. Oct.	1	375 g	1/2 Agarcultur 8 Oesen = 12 mg).	†	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,8° C. † in der Nacht Viel Vibrionen im Peritonealexsudat.
.	2	410 g	1/4 Agarcultur 4 Oesen = 6 mg).	†	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,5° C. † am nächsten Morgen 9 Uhr. Ganz spärliche Vibrionen im Peritonealexsudat. Viel weisse, stark granulirte Blutkörperchen.
.	3	270 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 6 mg).	Schwache Giftwirkung. Thier erholt sich.	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,1° C. Thier erholt sich völlig.
.	4	290 g	1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	Keine Giftwirkung. Thier bleibt gesund.	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C.
		III. Sechste Generation (von Gelatineplatte abgeimpft).			
15. Oct.	1	440 g	1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,6° C. † in der Nacht. Viel Vibrionen im Peritonealexsudat.
	2	320 g	1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	Starke Giftwirkung. Thier erholt sich.	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,8° C. Tags darauf 9 h a. m. 35,9° C. Das Thier erholt sich.
.	3	365 g	1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	Keine Giftwirkung.	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,2° C. Thier bleibt gesund.
.	4	200 g	1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	Keine Giftwirkung.	Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund.

Versuche, betreffend die Lebensdauer der Choleravibrionen auf den Eischalen zerschlagener Choleraeier und in gekochten Choleraeiern, sowie die Giftigkeit gekochter, abgetödtete Vibrionen enthaltender Eier.

Zur Emittelung der Zeit, bis zu welcher sich die Choleravibrionen auf den Eischalen zerschlagener Choleraeier lebensfähig zu erhalten vermögen, wurden häufig Schalen solcher Eier theils in den Exsiccator, theils in offene und theils in verdeckte Glasgefässe gethan. Von 24 Stunden zu 24 Stunden wurden sodann immer einzelne Theile der Eischalen aus den Gefässen in Peptonwasserröhrchen gebracht und angereichert. Die Anreicherungen wurden mikroskopisch und culturell durch das Gelatineplattenverfahren untersucht. Bei den im Exsiccator aufbewahrten Eischalen waren die Vibrionen bereits nach 20 Minuten nicht mehr nachzuweisen. Bei den in den verdeckten Gefässen aufbewahrten Eischalen gelang der Nachweis derselben durchschnittlich bis zum 5. und bei den in den offenen Gefässen aufbewahrt gewesenen Eischalen bis zum 4. Tage. Der Nachweis gelang um so leichter, je mehr von der Eiweisssubstanz an der Eischale haften geblieben war.

Zur Feststellung der Zeit, innerhalh welcher die Vibrionen durch Kochen in den Eiern abgetödtet wurden, wurden folgende Versuche angestellt:

Es wurden am 27. September 5 Eier in Glasgefässe mit Peptonwasser, welches mit Choleravibrionen geimpft wurde, gelegt, auf 2 Tage bei Bruttemperatur aufbewahrt, darauf am 29. September aus dem Peptonwasser genommen, in Sublimatlösung sterilisirt und bis zum 3. October trocken im Brutschrank aufbewahrt. Am letztgenannten Tage wurde etwas von dem Inhalte der Eier durch kleine Löcher an den stumpfen Polen entnommen und mikroskopisch und culturell durch Anreicherung in Peptonwasser und Gelatineplatten untersucht, wobei sich ein scharfer, stechender, widerlicher Geruch bei den Eiern bemerkbar machte und dicke, stark gekrümmte, viel S-Formen bildende Vibrionen vorfanden. Die an den Polen durch Paraffin und Collodium wieder verschlossenen Eier wurden in kochendes

Wasser gethan und einzeln nach 2, 2½, 3, 3½ und 4 Minuten daraus entfernt. Nach Sterilisirung derselben in Sublimatlösung wurden sie dann an dem stumpfen, gut abgeglühten Pole vermittelst einer sterilen Pincette wieder eröffnet. Der Inhalt sämmtlicher Eier hatte einen widerlichen, stechenden Geruch. Bei dem 2 Minuten lang gekochten Ei war das Eiweiss gallertig geronnen und etwas getrübt, das Eigelb dagegen von normaler, dickflüssiger Beschaffenheit; bei den übrigen 3 Eiern war das Eiweiss fest geronnen und von leichter grauer Färbung, das Eigelb dagegen von dickflüssiger Beschaffenheit. Mit dem Inhalte der 4 gekochten Eier wurden Peptonwasserröhrchen angereichert und Gelatineplatten angelegt, wodurch constatirt wurde, dass das 2 Minuten lang gekochte Ei noch lebensfähige Vibrionen enthielt, während dieselben in den übrigen Eiern abgetödtet waren.

Impfversuche durch intraperitoneale Injection mit 18stündigen Agarculturen von Choleravibrionen des 2 Minuten lang gekochten Eies ergaben keine Zunahme der Giftigkeit desselben im Vergleich zu der ursprünglichen für den Versuch benutzten Agarcultur, wie folgende Tabelle zeigt:

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
			a. 18stündige Choleraagarcultur vor dem Passiren der Eier.		
		Meerschwein			
27. Sept.	1	580 g	½ Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,8° C. † in der Nacht.
·	2	490 g	¼ Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	†	Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,1° C. † nächsten Morgen 10 Uhr.
·	3	430 g	⅛ Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	Leichte Giftwirkung.	Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,5° C. Nächsten Tag 10 h a. m. 38,5° C., 12 h 38,3° C. Temperatur wird normal. Thier erholt sich.
·	4	410 g	⅛ Agarcultur (1 Oese = 1,5 mg).	Keine Giftwirkung.	Impfung 1 h p. m. Temperatur bleibt normal.

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
			b. 18stündige Choleracultur nach Passiren des Eies.		
		Meerschwein			
3. Oct.	1	500 g	$^1/_2$ Agarcultur (8 Oesen = 12 mg).	†	Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,4° C. † nächsten Mittag 12 Uhr. Nächsten Morgen 10 h a. m. Temperatur 33,2° C.
	2	410 g	$^1/_4$ Agarcultur (4 Oesen = 6 mg).	Starke Giftwirkung. Thier erholt sich.	Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,1° C. Am nächsten Tage 10 h a. m. 35,8° C., 12 h 36,5° C., 2 h p. m. 36,8° C., 6 h p. m. 36,4° C. Temperatur wird bald normal. Thier erholt sich.
»	3	420 g	$^1/_8$ Agarcultur (2 Oesen = 3 mg).	Schwache Giftwirkung. Thier erholt sich.	Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Am nächsten Tage 10 h a. m. 39,2° C., 12 h 39,3° C., 2 h p. m. 39,0° C., 6 h p. m. 38,8° C. Thier erholt sich bald.
»	4	320 g	$^1/_{16}$ Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg).	Keine Giftwirkung.	Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund.

Um zu ermitteln, ob Choleraeier, in denen die Vibrionen durch Kochen abgetödtet waren, noch irgend welche Giftigkeit besässen, wurden am 28. August 20 Eier einzeln in Glasgefässe mit Peptonwasser, welches mit Choleravibrionen geimpft wurde, gethan, 5 Tage lang bei Bruttemperatur aufbewahrt, dann aus dem Peptonwasser genommen, 1 Stunde lang in Säuresublimatlösung gereinigt und sterilisirt und dann 4 Tage lang bis zum 6. September trocken bei Bruttemperatur aufbewahrt. Darauf wurden die Eier wieder sterilisirt und in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert. Bei der Entleerung des Inhaltes der Eier wurden 3 Eier, deren Schale schwärzlich verfärbt war, gänzlich verdorben befunden und vernichtet, während die übrigen 17 Eier bei leichter Trübung des Eiweisses einen scharfen, widerlich muffigen Geruch verbreiteten. Der Inhalt der zuletzt genannten 17 Eier wurde auf den verschiedenen Nährböden aerob und anaerob auf seinen Bacterienhalt untersucht und bis zur Fest-

stellung des Resultates im Eisschrank aufbewahrt. Am 9. September wurde dann der Inhalt von 14 Eiern, die nur Choleravibrionen enthielten, in ein steriles dünnwandiges Glasgefäss gebracht und $3^{1}/_{2}$ Minuten gekocht bis zur theilweisen Gerinnung des Eiweisses und Eigelbes wie bei weichgekochten Eiern. Die so geronnene Masse wurde dann vermittelst ausgeglühter Messer und Spatel gründlich zerkleinert und mit der zehnfachen Menge von absolutem Alkohol unter häufigem Umrühren versetzt. Nachdem diese Mischung 24 Stunden lang gestanden hatte, hatte sich der Alkohol völlig geklärt und eine gelbe Farbe angenommen. Die Mischung wurde dann auf einen Filter gebracht und solange mit absolutem Alkohol ausgewaschen, bis das Filtrat völlig farblos war und bei der Uhrglasprobe keinen Rückstand mehr hinterliess. Der Niederschlag wurde dann wiederholt zwischen Fliesspapier gepresst, bis er an dieses fast keine Feuchtigkeit mehr abgab, und dann im Exsiccator getrocknet. Die so erhaltene Masse wurde sodann mit der vierfachen Menge destillirten Wassers versetzt und 4 Stunden lang bei 37° C. im Brutschrank extrahirt. Es löste sich davon anscheinend nur ein sehr kleiner Theil; vom Ungelösten wurde abfiltrirt und das völlig klare, farblose Filtrat Meerschweinen intraperitoneal injicirt. Dabei erwies sich die Lösung selbst bei Injicirung sehr grosser Dosen von 20 ccm bis auf eine manchmal auftretende, aber schnell vorübergehende leichte Schwäche der hinteren Extremitäten völlig ungiftig.

Versuche mit sterilen, frischen Hühnereiern, die unter denselben Bedingungen angestellt wurden, gaben dasselbe Resultat, wie folgende Tabelle zeigt:

Datum	Nr	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
a. Impfversuche mit dem wässerigen Extracte von gekochten Choleraeiern					
		Meerschw.			
11. Sept.	1	290 g	$^{1}/_{2}$ ccm	Thier bleibt gesund	
»	2	320 »	1 »	»	
»	3	460 »	2 »	»	
13. Sept.	4	600 »	3 »	»	

Datum	Nr.	Gewicht	Dosis	Resultat	Bemerkungen
		Meerschw.			
13. Sept.	5	700 g	4 ccm	Thier bleibt gesund	
»	6	750 »	5 »	»	
15. Sept.	7	590 »	6 »	»	
»	8	520 »	7 »	»	
»	9	700 »	8 »	»	
19. Sept.	10	420 »	10 »	»	
»	11	320 »	15 »	»	Leicht vorübergeh. Schwäche in den hinteren Extremitäten.
»	12	440 »	20 »	»	do.

b. Impfversuche mit dem wässerigen Extracte von gekochten sterilen Hühnereiern.

		Meerschw.			
18. Sept.	1	440 g	1 ccm	Thier bleibt gesund	
»	2	370 »	2 »	»	
»	3	500 »	3 »	»	
20. Sept.	4	530 »	7 »	»	
»	5	550 »	8 »	»	
26. Sept.	6	540 »	10 »	»	Vorübergehende leichte Schwäche in den hinteren Extremitäten.
»	7	580 »	15 »	»	
»	8	790 »	20 »	»	

Versuche, betreffend das Verhalten von nicht steril gemachten Hühnereiern zu verschiedenartigem mit Choleravibrionen inficirtem Materiale.

Zur Ergründung, ob beliebiges Choleravibrionen enthaltendes Material im Stande sei, Hühnereier zu inficiren, wurden folgende Versuche angestellt:

Es wurden zunächst am 10. August 8 ungereinigte frische Hühnereier in eine Glasschale gelegt, welche einen 48 Stunden alten und zahlreiche Vibrionen aufweisenden Cholerastuhl aus dem Weichselgebiete enthielt, und daraus nach 1 bis 4 Tagen zu je 2 entfernt. Die Eier wurden unmittelbar nach der Herausnahme aus dem Kothe in Säuresublimatlösung gründlich gereinigt und sterilisirt, dann sofort auf die früher beschriebene Art und Weise geöffnet und in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert. Bei der Entleerung zeigten sich sämmtliche Eier von normaler Beschaffenheit und boten keinen besonderen Geruch

dar. Der Eiinhalt wurde sodann durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren wiederholt untersucht, wobei stets neben Choleravibrionen zahlreiche Stäbchenformen, zumeist von Bacterium coli herstammend, gefunden wurden.

Am 17. August wurde der gleiche Versuch mit demselben, jedoch nur noch spärliche Vibrionen enthaltenden Stuhlgange angestellt, wobei der Erfolg zwar derselbe war, die Untersuchung jedoch wegen der Spärlichkeit der in den Eiern vorhandenen Vibrionen bedeutend in die Länge gezogen wurde. Der Nachweis der Vibrionen gelang meist erst nach mehrtägigem Aufenthalte der mit dem Inhalte der Eier beschickten Erlenmeyer'schen Kölbchen im Brutschrank bei 37° C. Temperatur.

Gemeinsam mit den eben erwähnten Versuchen wurden Versuche angestellt mit 8 Hühnereiern, die in mit Cholerastuhl versetztes Leitungswasser gelegt wurden. Auch hierbei wurden nach 1 bis 4 Tagen immer je 2 Eier aus der Flüssigkeit genommen, sofort gereinigt und sterilisirt, sodann in Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert und durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren untersucht. In 5 von den Eiern, die ebenfalls in ihrer Beschaffenheit nicht verändert waren, wurden auf diese Weise neben zahlreichen anderen Stäbchenformen, die sich auch in dem inficirten Wasser vorfanden, Choleravibrionen nachgewiesen. In den übrigen 3 Eiern wurden dieselben nicht gefunden, sondern nur Bacterium coli und andere Stäbchenbacterien.

Am 24. August wurden 6 Eier an verschiedenen Stellen mit einem frischen 48 Stunden alten und zahlreiche Choleravibrionen aufweisenden Stuhlgange aus dem Weichselgebiete bestrichen und bei Zimmertemperatur theils in offenen, theils in verdeckten Gefässen aufbewahrt. Von den Eiern wurden nach 1 bis 3 Tagen täglich immer je zwei aus den Gefässen genommen und auf Choleravibrionen untersucht. Auch hier gelang es stets durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren neben zahlreichen anderen Bacterien, zumeist Bacterium coli, dieselben aufzufinden. Die Eier waren bei ihrer Entleerung stets von normaler Beschaffenheit.

Tauchte man Eier in 12 stündige Peptonwasseranreicherungen von Cholera ein und hing die so angefeuchteten Eier theils in offenen, theils in verdeckten Gefässen auf, so gelang es nur bei den in den verdeckten Gefässen aufgehängten Eiern Choleravibrionen aufzuweisen und zwar bereits nach 24 Stunden, während die in den unverdeckten Gefässen aufgehängten Eier solche nur aufwiesen, wenn die Eischale verletzt war, dagegen steril blieben, wenn die Schale unversehrt war. Häufig mussten die entleerten Eier noch einige Tage bei Bruttemperatur aufbewahrt werden, um die Vibrionen besser nachweisen zu können.

Am 28. August wurde Häcksel mit einem frischen 48 stündigen, viel Vibrionen enthaltenden Cholerastuhle aus dem Weichselgebiete verunreinigt. Darauf wurde der so verunreinigte Häcksel an 6 Eier angedrückt, die sodann in trockenem Häcksel verpackt wurden. An 4 aufeinander folgenden Tagen wurden die Eier daraus entfernt, gereinigt und sterilisirt und dann auf die bereits mehrfach erwähnte Weise untersucht. Das Resultat der Untersuchung ergab, dass 3 von den Eiern neben anderen Bacterien, zumeist Bacterium coli, Choleravibrionen enthielten. In den den Eiern anhaftenden Schmutztheilen konnten ebenfalls nur bei den genannten 3 Eiern Choleravibrionen nachgewiesen werden. Die übrigen 3 Eier waren steril geblieben, wohl deshalb, weil der anhaftende Schmutz schnell getrocknet war.

Mehrmals wurden Häcksel und Sägemehl mit einer 18 stündigen Peptonwasseranreicherung von Cholera bezw. mit einer Mischung von Leitungswasser und frischem, viel Vibrionen enthaltenden Cholerastuhl angefeuchtet und zur Verpackung von Eiern benutzt. Die Eier wurden daraus nach 1 bis 4 Tagen entfernt, auf die mehrfach angegebene Weise sterilisirt, entleert und untersucht. Bei der Untersuchung zeigten sich die Eier selbst nach 4 tägigem Aufenthalte in dem inficirten Materiale fast stets völlig unverändert und ohne besonderen Geruch. Nur manchmal war eine schwache Trübung des Eiweisses dabei sichtbar. In den meisten der so verpackt gewesenen Eier konnten neben anderen Bacterien, die auch in dem Verpackungsmaterial vor-

handen waren, Choleravibrionen nachgewiesen werden. In dem inficirten Häcksel und in dem inficirten Sägemehl waren die Choleravibrionen meist noch nach 7 Tagen nachweisbar, selbst wenn das Material offen dagestanden hatte.

Im September wurde behufs Nachweises, ob Choleravibrionen den Magen und Darmkanal von Hühnern passiren könnten, ein Huhn in einem verdeckten Kasten in eine solche Zwangsstellung gebracht, dass der Kopf aus dem Kasten durch eine Oeffnung heraussah und der After über einem Glasgefäss zu stehen kam, und täglich mit frischen Peptonwasseranreicherungen von Cholera, mit Choleraeiern und durch Dampf sterilisirte Erbsen gefüttert. Der aufgefangene Koth, der meist von weicher Beschaffenheit war, enthielt nicht immer, jedoch sehr häufig Vibrionen, die durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren nachgewiesen wurden und sich bis zu 5 Tagen in demselben hielten. Bei Eiern, welche in solchen Koth gelegt oder damit beschmiert wurden, konnten häufig bereits schon nach 24 Stunden Choleravibrionen neben anderen Bacterien nachgewiesen werden.

Die bei den zuletzt erwähnten Versuchen neben den Choleravibrionen gefundenen Bacterien waren ausser Bacterium coli meist kleine, sehr schlanke Stäbchen. Coccen wurden nur ganz vereinzelt gefunden.

Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Resultate der Arbeit lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen.

1. Die Choleravibrionen vermögen durch die Eischale in das Hühnerei einzuwandern und gebrauchen dazu (anscheinend) mindestens 15 bis 16 Stunden.

2. Die Einwanderung geschieht um so sicherer und massenhafter, je weniger das Infectionsmaterial der Austrocknung ausgesetzt und je frischer und vibrionenreicher es ist.

3. Ausser den Choleravibrionen vermögen noch andere Bacterien in das Ei einzuwandern, wie z. B. Bacterium coli und verschiedene Wasserbacterien, wobei eine gewisse Beweglichkeit und Grösse der Bacterien nöthig zu sein scheint.

4. Die Choleravibrionen enthaltenden Eier behalten etwa 4 bis 5 Tage lang ihre normale Beschaffenheit, werden dann allmählich getrübt und fangen dann an, nach Schwefelwasserstoff zu riechen.

5. Für den Fall, dass Eier mit Cholera inficirt worden sind, kann eine Uebertragung der Cholera auf den Menschen durch den Genuss roher Eier oder durch Inficirung bei dem Zerschlagen solcher Eier stattfinden. Eine Verschleppung der Choleravibrionen ist durch die inficirten Eischalen möglich, auf denen sich die Vibrionen noch 4 bis 5 Tage lebensfähig zu erhalten vermögen.

6. Länger als 2 Minuten gekochte Choleraeier sind ungiftig.

7. Die Giftigkeit der Choleravibrionen wird in den Eiern gesteigert.

Zum Schlusse verfehle ich nicht, Herrn Professor Dr. Rubner für die Anregung zu dieser Arbeit und für das fördernde Interesse, das er mir bei derselben erwiesen hat, auch an dieser Stelle herzlichst zu danken.

Ueber das Verhalten der Cholerabacillen in roher Milch.

Von

Fritz Basenau,

Assistent am hygienischen Institute.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Amsterdam.)

Mit der vorliegenden Frage haben wir uns aus dem Grunde befasst, weil wir anlässlich früherer Untersuchungen über die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse[1]) auch auf etwaige bactericide Eigenschaften der frischen Milch unser Augenmerk richten mussten. Durch unsere Versuche kamen wir zu der Ueberzeugung, dass von einer Bacterien tödtenden Wirkung der gewöhnlichen Milch schwerlich Sprache sein kann. Zur selben Zeit aber, als wir mit diesen Versuchen beschäftigt waren, veröffentlichte Hesse Untersuchungen, nach welchen, entgegen den Befunden früherer Arbeiten, in roher Milch Cholerabacterien in kurzer Zeit abgetödtet werden sollten. Hieraus zog er wiederum weitgehende Schlussfolgerungen in Betreff des zu empfehlenden Gebrauches roher Milch. Von allem abgesehen, erschien es wohl möglich, dass die empfindlichen Cholerabacillen da vernichtet würden, wo die ziemlich widerstandsfähigen, von uns gefundenen pathogenen Fleischbacillen ihr Leben bewahrten. Bei dem bestehenden Widerspruche jedoch fühlten wir uns, auch im Interesse weiterer Kreise, verpflichtet, das Verhalten der Cholerabacterien in roher Milch einer Untersuchung zu unterziehen[2]).

---

1) Archiv für Hygiene, Bd. XXIII, S. 44.

2) a. a. O., S. 66.

Bei den Verbreitungsweisen der Keime der Cholera asiatica hatte man schon bald auch diejenige durch rohe Milch in's Auge gefasst. Diese konnte natürlich nur dann von Bedeutung sein, wenn es den Cholerabacterien möglich war, sich einige Zeit in roher Milch lebend zu erhalten oder sich in ihr zu vermehren.

Durch Untersuchungen von Kitasato[1]), Heim[2]), Uffelmann[3]) und Friedrich[4]) wurde festgestellt, dass dies thatsächlich in einer Reihe von Versuchen der Fall war. Die Zeit, nach welcher Cholerabacterien nach deren Einbringen in frische Milch noch in dieser nachzuweisen waren, erstreckte sich von einem bis selbst auf sechs Tage.

Zu ganz anderen Resultaten gelangte aber Hesse[5]) und mit ihm Weigmann, der auf Grund von früheren Untersuchungen[6]) durch eine Vergleichung mit den Hesse'schen in einem neueren Aufsatz in der Milchzeitung[7]) mit Hesse zusammen zu der Ueberzeugung kam, dass der Vernichtungsprozess der Cholerabacterien in frischer Milch bei Brut- und Zimmertemperatur spätestens nach 12 Stunden vollendet sei.

Aber nur mit Bezug auf diese schnelle Abtödtung gehen die beiden Autoren Hand in Hand. In der Erklärung der von ihnen anscheinend beobachteten Erscheinungen trennen sich ihre Ansichten. Hesse nämlich spricht hierbei weder dem Säuregehalt der Milch, noch den Milchkeimen und deren Stoffwechsel-

1) Zeitschr. f. Hygiene, V, 1.

2) Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamt, V.

3) Berliner klin. Wochenschr., 1892, Nr. 48.

4) Vergl. Weigmann und Zirn.

5) Ueber die Beziehungen zwischen Kuhmilch und Cholerabacillen. Zeitschr. f. Hygiene u. Infect.-Krankh., Bd. XVII, S. 238. — Vergl. auch das Referat von Prof. Blasius über die Mittheilungen auf dem XI. internationalen medic. Congress zu Rom. Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXVI, S. 652, 1894.

6) H. Weigmann und G. Zirn. Ueber das Verhalten der Cholerabacterien in Milch und Molkereiproducten. Centralbl. f. Bact. u. Parasitenk., Bd. XV, S. 286.

7) Ueber das Verhalten von Cholerabacterien in Milch. Milchzeitung, 1894, Nr. 31.

producten eine Rolle zu, sondern lässt die Abtödtung allein abhängig sein von einer »Lebensäusserung der lebenden Milch«. Was Hesse eigentlich unter einer Lebensäusserung der lebenden Milch versteht, ist zum Mindesten unklar. Wenn von einer derartigen abtödtenden Wirkung der Milch gesprochen wird, so kann diese wohl nur auf bactericiden Eigenschaften, d. h. auf der Gegenwart chemischer Stoffe beruhen, die ja allerdings im lebenden Organismus gebildet und in die Milch gelangt sein könnten. Die Milch ist aber ein fertiges Secret des Körpers und ohne eigene Lebensäusserung, die nur Eigenschaft der organisirten Substanz ist. Es wird doch Niemand einfallen, in vitro von einer Lebensäusserung des Blutserums zu sprechen; dann könnte man auch von einer Lebensäusserung des Sublimates oder des Creolins sprechen. Von den gegentheiligen Erfahrungen anderer Forscher wird in der Hesse'schen Arbeit nichts erwähnt.

Weigmann dagegen schreibt den Untergang der Cholerabacterien in erster Linie der Concurrenz der Milchbacterien und in zweiter Linie der fortschreitenden Milchsäuerung zu, ohne überhaupt von einer activen Betheiligung der Milch selbst zu sprechen.

Weigmann unterzieht auch die Arbeiten von Kitasato, Heim, Uffelmann und Friedrich einer kritischen Betrachtung. Er führt an, dass die grosse Anzahl der der Milch zugesetzten Cholerabacterien in gar keinem Verhältnisse zu der verwandten kleinen Menge Milch stehe, und aus diesem Missverhältnis, das in praxi wohl niemals vorkommen dürfte, die positiven Resultate dieser Untersucher entsprängen. Im Allgemeinen kann man nur dieser Meinung Weigmann's zustimmen. Denn wenn man z. B. wie Heim zu 100 ccm Milch »die ganze, in 4 Röhren auf der Oberfläche von schrägerstarrtem Agar nach eintägigem Stehen im Brutschrank zur Entwickelung gekommene Bacterienmenge« zusetzt, so heisst das doch die Sache forciren. Man müsste dann geradezu an eine Vermischung der Milch mit beträchtlichen Mengen Cholerafäces denken — ein Vorkommnis, das wohl nicht gut zu erwarten ist.

Auch die positiven Resultate Uffelmann's will Weigmann durch die grosse Zahl der Cholerabacterien erklärt wissen. Wie er aber den negativen Versuch Uffelmann's mit den Porcellanschalen, die mit Cholerabacillen enthaltendem Flusswasser abgespült und dann mit Milch gefüllt wurden, als einen der wenigen Versuche bezeichnet, der thatsächlichen Verhältnissen entspricht, und ihn als Stütze für seine Anschauung heranzieht, muss doch sehr gewagt erscheinen.

Nach Füllung der Porzellanschale mit roher Milch konnte Uffelmann nämlich nach 6 Stunden in einem einzigen Tropfen der Milch, in der ursprünglich pro Tropfen nur drei Cholerabacillen nachzuweisen waren, durch Anlage einer Rollplatte keine Cholerabacterien mehr auffinden. Dass drei Cholerabacterien, wenn wir auch von einer Vermehrung absehen, in einem Bacteriengemisch durch die Anlage einer Rollplatte nicht mehr aufgefunden wurden, ist nicht so wunderbar. In seinem Brotversuch gibt aber Uffelmann selbst an, dass er nach 15 Stunden die Cholerabacterien nicht mehr durch Rollplatten, wohl aber durch das Verfahren von Schottelius nachweisen konnte. In dem Milchversuch konnte also folgerichtig die Anlage einer Rollplatte nicht den Ausschlag für die Abwesenheit von Cholerabacterien geben. Diese hätten sich höchst wahrscheinlich durch das Verfahren von Schottelius oder durch die heutige Peptonkochsalzcultur wohl nachweisen lassen.

Derselbe Schalenversuch mit sterilisirter Milch von Uffelmann ist von Weigmann, wohl weil ihm die Originalarbeit, wie er selbst sagt, nicht zu Gebote stand, irrig aufgefasst und wiedergegeben. In diesem Versuch fand Uffelmann nach 6½ Stunden die Zahl der Cholerabacterien mehr als verdoppelt. Von vornherein waren dieselben hier aber auch zahlreicher vorhanden. Uffelmann selbst sagt in seinen Schlussfolgerungen: »In der Kuhmilch — rohen — können sich Cholerabacillen einen bis zwei Tage lebend erhalten, selbst wenn inzwischen ziemlich starkes Sauerwerden eintritt. Auch in diesem Medium kann während der ersten 12—16 Stunden bei einer Temperatur von 18—22° C. eine Vermehrung der Cholerabacillen eintreten«.

Auch in den Versuchen Friedrich's scheint Weigmann die positiven Resultate nicht hoch anzuschlagen.

Uns drängt sich aber die Ueberzeugung auf, dass bei einer richtigen Entscheidung der für eine etwaige Verbreitung von Infectionsstoffen praktisch so wichtigen Streitfrage positive Befunde viel schwerer wiegen als negative. Besonders noch gilt dies, wenn bei der Erreichung der letzteren in der Versuchsanordnung und in den Methoden, wie bei Hesse, nicht diejenigen Hilfsmittel angewandt sind, die nach allseitiger Erfahrung zur Auffindung der specifischen Mikrobien die besten sind. Uebrigens komme ich später hierauf noch zurück.

Auf die Käseversuche Weigmann's will ich hier nicht eingehen. Uns lag es nur daran, zur Lösung der Frage beizutragen, ob frische, rohe Milch in der That die ihr von Hesse und Weigmann zugeschriebenen Eigenschaften besitzt, spätestens innerhalb 12 Stunden Cholerabacterien abzutödten.

Aber gesetzt auch, dass wirklich in rohe Milch gelangte Cholerabacterien innerhalb 12 Stunden abgetödtet werden könnten, so bleibt es doch mehr als unverständlich, wie Hesse dennoch bei einer 12stündigen Lebensfähigkeit der Cholerabacterien das Kochen oder Sterilisiren der Milch abräth und selbst rohe Milch als prophylaktisches oder curatives Mittel vorschlägt. Setzen wir den günstigsten Fall, dass die Milch bereits kurz nach dem Melken mit Cholerabacillen inficirt wurde, so wird doch gerade frische Milch in den weitaus meisten Fällen innerhalb der ersten 12 Stunden zum Verkauf und Verbrauch kommen. Zweimal des Tages wird gemolken und zweimal des Tages wird in der Regel die frische Milch in den Kleinverkauf gebracht. Beim Verbrauch der Milch im Haushalte wäre also in den meisten Fällen, auch wenn wir für einen Augenblick die Hesse'sche Behauptung als richtig annehmen wollten, der Abtödtungsvorgang der Cholerabacillen nicht vollendet. Selbst dann wäre also durchaus nicht die Sicherheit verbürgt, dass keine lebenden Cholerabacterien in der zu consumirenden Milch enthalten sind.

Je später aber die Infection der Milch erfolgt, umsomehr verschiebt sich die Sachlage zu Ungunsten des Hesse'schen

Rathschlages. Steht aus diesem Grunde allein schon die Schlussfolgerung Hesse's auf schwachen Füssen, so fällt sie vollkommen zusammen, sobald die Thatsachen, auf die er sich hierbei stützt, nicht zutreffende sind. Dies ergibt sich aus der folgenden Untersuchung.

Bei unseren Versuchen vermied ich die Einwände, die man den Untersuchungen von Kitasato, Heim u. A. gemacht hat, nämlich: 1. Agarculturen zur Wegnahme des Infectionsmaterials zu benutzen und 2. zu grosse Mengen Cholerabacterien im Verhältnis zur Milchmenge zu verwenden. Aus dem Folgenden erhellt, dass in unseren Versuchen die Mengen der Cholerabacterien zur Milchmenge viel kleiner waren, als die, mit denen Hesse seine Resultate erzielte.

Um nun zuerst wieder auf die »Lebensäusserung der lebenden Milch« von Hesse zurückzukommen, so könnte man a priori zu der Annahme neigen, dass vielleicht thatsächlich eine Bacterien tödtende Kraft von Haus aus der Milch innewohne, dass aber durch die gewöhnlichen Milchbacterien diese bactericiden Stoffe mehr oder weniger schnell verbraucht würden; bei einer späteren Infection solcher Milch mit pathogenen Bacterien wäre dann ihre vernichtende Kraft erschöpft. Es war also nöthig, keimfreie oder so gut wie keimfreie, frische Milch mit Cholerabacterien zu beschicken und ihr Schicksal dann zu verfolgen. Dass auch dann nicht bestimmte pathogene Bacterien zu Grunde gehen, konnten wir[1]) früher schon feststellen. Für die Cholerabacillen könnte sich immerhin die Sache anders verhalten haben.

Um eine solche keimfreie oder keimarme, frische Milch zu erhalten, verfuhr ich in derselben Weise, wie es in meiner eben citirten Arbeit beschrieben ist. Es wurden so in zwei sterilen Kolben je 500 ccm Milch gewonnen. Eine Stunde nach

1) Ueber die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse und über die sogenannten bactericiden Eigenschaften der Milch. Archiv f. Hygiene, Bd. XXIII, S. 56 ff.

dem Auffangen der Milch wurde aus jedem Kolben nach kräftigem Umschütteln mit 1 ccm eine Gelatineplatte gegossen. In der Platte aus Kolben I hatten sich nach 5 Tagen 8 Colonien entwickelt, die Platte aus Kolben II blieb steril. Unter den 8 Colonien war keine verflüssigende.

Von dieser Milch wurden aus jedem Kolben zu drei verschiedenen Zeiten je zweimal 25 ccm Milch mit steriler Pipette entnommen und in sterile Kölbchen gebracht und zwar

I. 1 Stunde nach dem Melken
II. 23 Stunden » »
III. 31 » » » »

Die Milchkolben wurden in der Zwischenzeit von einer Entnahme zur anderen im Eisschrank aufbewahrt. Bei I. und II. reagirte die Milch amphoter, bei III. sehr schwach sauer. Bei der Entnahme der Milch von II. und III. wurde zu 4 Kölbchen nach Umschütteln des einen ursprünglichen Milchkolbens die Vollmilch verwendet, während in die anderen 4 Kölbchen aus dem zweiten ursprünglichen Kolben Milch ohne Rahm gegeben wurde. Wie sich aus den Versuchen ergab, verhielten sich aber die Vollmilch und die abgerahmte Milch mit Bezug auf die Cholerabacterien im allgemeinen gleich. Ich erhielt so in drei Serien 12 Versuche. Alle 12 Milchkölbchen wurden mit 1 Oese von ca. 13 mg einer 24stündigen bei 37° gewachsenen Cholerabouilloncultur geimpft.[1])

Durch Anlage von Zählplatten mit derselben Menge wurde festgestellt, dass auf jeden Cubikcentimeter Milch durchschnittlich 17000 Cholerabacterien kamen.

Hesse's Impfmenge betrug für je 25 ccm Milch in seinem 8. Versuch »ca. 1½ ccm einer Aufschwemmung des Abstriches von Cholera-Agarculturen«. In seinem 9. Versuch 10 grosse Tropfen derselben Aufschwemmung zu 30 ccm Milch, im 12. Versuche 1 ccm »Cholera-Peptonlösungscultur« zu 25 ccm Milch.

1) Für die Versuche wurden drei Choleraculturen verschiedener Herkunft verwendet, die von uns während der Choleraerkrankungen in der Provinz Nord-Holland im September 1894 aus Dejectionen (bei schweren Fällen) frisch gezüchtet waren.

Im 8. Versuche Hesse's wurden nun die Cholerabacterien sowohl bei Zimmertemperatur, als auch im Brutschrank in 6 Stunden, im 9. Versuch selbst schon in 4 Stunden nicht mehr gefunden.

Vergleicht man die Mengen der von Hesse angewandten Cholerabacillen mit den unserigen, so kann man sicherlich annehmen, dass sie in den obigen Versuchen mindestens fünfzig- bis hundertmal grösser waren als diese. Um so schwerer fällt sonach das Resultat unserer Versuche ins Gewicht.

Die oben erwähnten 12 Milchkölbchen wurden zum Theil bei Bruttemperatur, zum Theil bei 24° und bei Zimmertemperatur (14—18°) aufbewahrt und zu verschiedenen Zeiten von ihnen je 70 mg zur Impfung von Peptonkochsalz- und Gelatineplattenculturen entnommen. Da es sich hier hauptsächlich um die Frage handelte, ob nach gewissen Zeiten überhaupt noch lebende Cholerabacterien vorhanden waren, und die Koch'sche kräftig alkalische Peptonkochsalzcultur zur Auffindung auch von nur wenigen Cholerabacillen die beste und sicherste ist, so bedienten wir uns ihrer in erster Linie. Die Gelatineplatten sollten aber schliesslich am Ende des Versuches den Ausschlag geben, ob eine Vermehrung der eingebrachten Cholerakeime stattgefunden hätte oder nicht.

Nun ist es auffallend und kann wohl mit Recht Hesse der Vorwurf nicht erspart werden, dass er bei seinen Versuchen nicht die Koch'sche Peptoncultur in Anwendung brachte. Seine Agarplatten sind dieser bei der Auffindung von Cholerabacterien, besonders in einem Bacteriengemisch, wie bei seinen Versuchen, durchaus nicht ebenbürtig.

Auch die Impfmenge, die Hesse zur Anlage der Agarplatten aus der cholerainficirten Milch entnahm, ist bei solchen Versuchen viel zu klein. Wenn er von einer „kleinen Oese“ spricht, so fasste dieselbe wohl nicht mehr als 1,5 mg. Hätte Hesse statt der Agarplatten Peptonculturen und dabei grössere Mengen Impfmaterial verwendet, so ist nicht zu zweifeln, dass seine Resultate ganz andere geworden wären.

Die folgenden Tabellen geben eine Uebersicht der von uns angestellten Versuche.

Serie I.

Milch-kölbchen	Temperatur	Zeit der Entnahme nach der Infection: 24 Stunden	Zeit der Entnahme nach der Infection: 31 Stunden	Cholera bacillen
Nr. 1	37°	Peptonkochsalzcultur	Peptonkochsalzcultur	Ja
» 2	37°	»	»	»
» 3	24°			
» 4	24°			

Aus den, 31 Stunden nach der Infection der Milch angelegten Gelatineplatten liess sich berechnen, dass in je 1,0 ccm der Milch enthalten waren in Kölbchen

No. 1. ca. 200 000 Cholerabacillen.
„ 2. „ 300 000 „
„ 3. „ 600 000 „
„ 4. „ 500 000 „

Es liess sich also nachweisen, dass 31 Stunden nach der Infection der Milch die Cholerabacillen sich in ihr um das Zwölf- bis Fünfunddreissigfache vermehrt hatten.

Serie II.

Milch-kölbchen	Temperatur	Zeit der Entnahme nach der Infection: 5 Stunden	Zeit der Entnahme nach der Infection: 24 Stunden	Zeit der Entnahme nach der Infection: 32 Stunden	Cholera-bacillen
Nr. 5	24°	Peptonkochsalzcultur			Ja
» 6	24°	do.			»
» 7	Zimmertemp.	do.			
» 8	»	do.			

Aus den, 32 Stunden nach der Infection der Milch angelegten Gelatineplatten liess sich berechnen, dass in je 1,0 ccm der Milch enthalten waren in Kölbchen

No. 5. ca. 400 000 Cholerabacillen.
„ 6. „ 300 000 „
„ 7. „ 90 000 „
„ 8. „ 70 000 „

In diesen Versuchen hatten sich also nach 32 Stunden die Cholerabacillen bei Zimmertemperatur etwa um das Fünffache, bei 24° um das Zwanzigfache vermehrt.

Serie III.

Milchkölbchen	Temperatur	Zeit der Entnahme nach der Infection 5 Stunden	24 Stunden	38 Stunden	Cholerabacillen
Nr. 9	37°	Peptonkochsalzcultur			Ja
» 10	37°	do.			»
» 11	Zimmertemp.	do.			»
» 12	»	do.			»

Aus den, 38 Stunden nach der Infection angelegten Gelatineplatten liess sich berechnen, dass in je 1,0 ccm der Milch enthalten waren in Kölbchen

No. 9. ca. 150 000 Cholerabacillen.
„ 10. „ 180 000 „
„ 11. „ 40 000 „
„ 12. „ 50 000 „

Der Vermehrungscoëfficient berechnet sich hier für 37° auf etwa 10, für Zimmertemperatur auf 2,5.

Die Choleradiagnose in den Peptonculturen wurde durch die Nitrosoindolreaction und durch mikroskopische Präparate sichergestellt. Die Farbenreaction[1]) war stets so prägnant und

1) Die Behauptung von Lunkewicz (Centralblatt für Bact. und Parasitenk. 1894, Nr. 23, S. 949 unter 1 und 5), dass die Cholerarothreaction nur in mindestens 24 bis 48 Stunden alten Culturen zu bekommen und überhaupt eine ziemlich bleiche ist, beruht wohl auf einem Irrthum. In vielen Fällen erhält man sie in deutlicher Weise innerhalb 6 Stunden, ja selbst trat sie bei unseren vorigjährigen Cholerauntersuchungen zu öfteren Malen bereits nach 4 Stunden ein, insbesondere wenn man nach der in unserem Laboratorium üblichen Weise die Peptonkochsalzlösung vor der Impfung bereits auf 37° erwärmt (vgl. Dr. Ringeling, Nederl. Tijdschrift voor Geneeskunde, 1894 I, Nr. 3, und Hygienische Rundschau, 1894, p. 597).

Auch ist es, besonders wenn die Zahl der Cholerabacterien im Verhältnis zu der Menge der anderen Bacterien in den Dejectionen nur eine geringe ist, zum früheren Erreichen der Cholerarothreaction und der Choleradiagnose überhaupt, zu empfehlen, neben kleineren auch grössere Mengen bis zu ½ ccm, Impfmaterial zu verwenden. Nur muss man alsdann

die Präparate lieferten ein so typisches Cholerabacillenbild, dass diese für die Sicherheit der Diagnose schon allein bürgten. Hierzu kamen noch die am Ende jeder Versuchsreihe angelegten Gelatineplatten, deren Colonien wiederum ausser durch das makroskopische Aussehen und die Untersuchung bei schwacher Vergrösserung, durch die Herstellung von Peptonculturen und Trockenpräparaten als Choleracolonien diagnosticirt wurden. In den Platten kamen mir keine anderen Colonien zu Gesicht.

Aus den obigen Versuchen folgt, dass die Cholerabacterien in roher, so gut wie keimfreier Milch durchaus nicht in spätestens 12 Stunden zu Grunde gehen, weder bei 37°, noch bei 24° oder Zimmertemperatur, sondern dass dieselben in ihr mindestens 38 Stunden am Leben bleiben und sich sogar vermehren können. Es tritt selbst durch das Wachsthum der Cholerabacterien eine Coagulation der Milch ein und lassen sich in der coagulirten Milch die Cholerabacterien noch massenhaft nachweisen. So war z. B. die Milch in den Kölbchen 1 bis 4 nach 26 Stunden coagulirt. Dass diese Coagulation nur durch die Thätigkeit der Cholerabacillen herbeigeführt war, ergab sich erstens daraus, dass in den mit der coagulirten Milch angelegten Platten nur Choleracolonien aufkamen und zweitens, dass der Rest der nicht geimpften Milch in den ursprünglichen Kolben wochenlang im Zimmer stand, ohne zu gerinnen.

Von einer bacterienvernichtenden „Lebensäusserung" der Milch als solcher im Sinne Hesse's kann also keine Sprache sein.

Die weiteren Versuche wurden in derselben Weise angestellt wie die vorigen; nur wurde statt selbstgemolkener Milch gewöhnliche Kaufmilch von zwei Amsterdam'schen Milchhändlern dazu verwendet. Die Milch reagierte in beiden Fällen schwach sauer. In der einen Milchsorte waren in 1,0 ccm nach Berechnung aus den angelegten Platten ca. 350000 und in der anderen ca. 500000 Bacterien enthalten.

die alkalischen Peptonculturen schon wenige, höchstens 4 bis 8 Stunden nach der Impfung untersuchen, weil nach längerer Zeit die grosse Zahl der Fäcesbacterien die Cholerabacillen, die wohl in den ersten Stunden schneller wachsen, überwuchert.

Von jeder Milchsorte wurden in 6 Kölbchen je 25,0 ccm Milch gebracht, mit einer Spirale von ca. 13 mg von einer 24 Stunden alten, bei 37° gewachsenen Cholerabouilloncultur geimpft und bei verschiedenen Temperaturen aufbewahrt. In den, in untenstehender Tabelle angegebenen Zeiten wurden aus jedem Kölbchen ca. 70 mg herausgenommen und Peptonkochsalzculturen damit angelegt, die alsdann in den Brutschrank bei 37° kamen. Die Diagnose auf Cholerabacillen in den Peptonculturen wurde wie früher gestellt.

Milchkölbchen	Temperatur	Zeit der Entnahme nach der Infection			Cholerabacillen
		8 Stunden	24 Stunden	32 Stunden	
			1. Milchsorte.		
Nr. 1	37°		Peptonkochsalzcultur		Ja
» 2	37°		do.		»
» 3	24°		do.		»
» 4	24°		do.		»
» 5	Zimmertemp.		do.		»
» 6	»		do.		»
			2. Milchsorte.		
Nr. 1	37°		Peptonkochsalzcultur		Ja
» 2	37°		do.		»
» 3	24°		do.		»
» 4	24°		do.		»
» 5	Zimmertemp.		do.		»
» 6	»		do.		»

Aus der Tabelle ersieht man, dass in allen Fällen bis mindestens 32 Stunden nach der Infection der Nachweis der Cholerabacillen gelang, gleichgültig, ob die inficirte Milch bei 37°, bei 24° oder bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurde, selbst bei Anwesenheit von einer halben Million anderer Bacterien in 1 ccm der Milch und trotz der Coagulation der Milch, die in den meisten Kölbchen nach 32 Stunden erfolgt war. Bei der sauer gewordenen Milch darf man allerdings nicht übersehen, dass man die Peptonkochsalzflüssigkeit nach Zufügung des sauren Impfmateriales wieder kräftig alkalisch macht.

Mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Uebertragung der Cholerakeime durch rohe Milch war eine längere Beobachtungszeit mit Bezug auf die Lebensfähigkeit der Cholerabacillen in ihr von keinem praktischen Interesse, da es beim Gebrauch einer süssen, rohen Milch wohl kaum vorkommen dürfte, dass dieselbe als solche in Haushaltungen oder anderswo selbst nur 32 Stunden alt wird. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass die Cholerabacillen event. noch länger, auch in bereits saurer Milch, am Leben bleiben[1]).

Die Resultate der Untersuchungen lassen sich in folgenden Schlussfolgerungen zusammenfassen:

1. Rohe Milch besitzt den Cholerabacterien gegenüber keine abtödtenden Eigenschaften, wie sie von Hesse behauptet sind.

2. Die Cholerabacterien bleiben im Gegentheil in so gut wie keimfreier, roher Milch mindestens 38 Stunden am Leben und können bis selbst zur Coagulation der Milch sich in ihr vermehren und zwar in allen Temperaturgrenzen, in denen überhaupt noch ein Wachsthum derselben vor sich geht.

3. Die Cholerabacterien bleiben in stark verunreinigter Milch mindestens 32 Stunden, sowohl bei 37°, als auch bei 24° und Zimmertemperatur lebensfähig; sie lassen sich im lebensfähigen Zustande noch nachweisen, auch wenn die Milch bereits coagulirt ist.

Mit diesen Ergebnissen fällt von selbst der Hesse'sche Vorschlag, event. rohe Milch in Cholerazeiten als prophylaktisches und curatives Mittel zu versuchen, zusammen. Es ist nur zu bedauern, dass derartige Vorschläge, die geeignet sind, mit vieler Mühe errungenen, hygienischen Fortschritten entgegenzuwirken, und die tief in das Wohl und Wehe einer Bevölkerung eingreifen können, auf Grund von Versuchen in die Welt geschickt werden, bei denen nicht alle Hülfsmittel, die uns heute für eine richtige Entscheidung solcher Fragen zu Gebote stehen, angewandt worden sind.

---

1) In später wiederholten derartigen Versuchen mit keimreicher Milch wurden in der That die zugefügten Cholerabacillen von uns in einem Falle selbst noch nach 11 Tagen lebend gefunden.

Wenn auch begreiflicher Weise geschulte Fachgenossen[1]) unseren auf Grund experimenteller Erfahrung eingenommenen Standpunkt ohne Weiteres theilen werden, so ist leicht verständlich, dass Behauptungen, wie die von Hesse, die doch auf Grund früherer gegentheiliger Erfahrungen anderer Forscher allseitig mit einer gewissen Reserve hätten aufgenommen werden müssen, von nicht mitten in experimenteller Arbeit stehenden Personen in gutem Glauben für baare Münze gehalten, und so falsche Vorstellungen in weitere Kreise verbreitet werden. Dies erhellt z. B. aus einem referirenden Artikel[2]) über »die Ernährung von Säuglingen«, in dem unter Anderem auch auf Grund der Hesse'schen Resultate für den Gebrauch roher Milch plaidirt wird.

Um übrigens auf unseren Ausgangspunkt zurückzukehren, so bringen die in obiger Untersuchung mit den so empfindlichen Cholerabacterien erhaltenen Resultate eine weitere Stütze für die Ansicht, dass gewöhnliche rohe Milch, wie schon früher von uns behauptet, wohl überhaupt keine bacterientödtenden Eigenschaften besitzt.

1) So z. B. Davids bei seiner Besprechung der Versuche Hesse's in der Hygienischen Rundschau, 1894, Bd. IV, S. 975.

2) Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde, Bd. XXXI, Nr. 4, S. 173, 1895.

Ueber den Einfluss von Schwankungen in der relativen Feuchtigkeit der Luft auf die Wasserdampfabgabe der Haut.

Von

Dr. **George H. F. Nuttall,**

(Late Associate in Hygiene in The Johns Hopkins University, Baltimore),
Assistenten am hygienischen Institut in Berlin.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Betreffs der Grösse der Wasserdampfabgabe des Menschen und der äusseren Einflüsse auf dieselbe sind unsere Kenntnisse noch sehr unvollständige. Besonders wichtig erscheint bei dem Menschen die Betheiligung der Haut an dem Vorgange der Wasserausscheidung. Schierbeck[1]) ist bei seinen Untersuchungen über die Kleiderventilation auf die Wichtigkeit einer näheren Klarlegung der Hautathmung gestossen und hat dabei neue Thatsachen kennen gelehrt. In der genannten Arbeit finden sich die älteren Arbeiten, welche sich mit der Wasserdampfabgabe der Haut beschäftigen, erwähnt.

Wie durch die Untersuchungen unseres Laboratoriums erwiesen ist, stellt die Wasserdampfabgabe einen sehr verwickelten, d. h. von einer Reihe von compensirenden oder sich cumulirenden Factoren abhängigen Process dar. Schierbeck hat die gesammte Körperoberfläche abzüglich des Kopfes auf ihre Wasserdampfausscheidung untersucht und von den äusseren Momenten namentlich die Wirkung steigender Temperatur verfolgt. Am Menschen selbst und an ausgedehnten Hautpartien

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI.

hatte man früher die Wasserdampfabgabe in Abhängigkeit von den Schwankungen der Luftfeuchtigkeit noch nicht genau gemessen.

In den folgenden Versuchen soll gezeigt werden, ob und eventuell in welchem Grade die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit auf die Wasserdampfabgabe der Haut einwirken. Bisher ist über einen solchen Einfluss durch Experimente wenig bekannt. Wenn ich zuvörderst eine kurze Zusammenfassung des gegenwärtigen Standes dieser Frage geben darf, so mag dies kurz in einigen Worten geschehen.

Das Durchschnittsquantum der Wasserdampfabgabe beim ruhenden Menschen ist von v. Pettenkofer und Voit auf 500 g pro 24 Stunden berechnet worden, indem dieselben die durch die Lungenathmung gelieferte Wassermenge von der Gesammtmenge des durch Lungen- plus Hautathmung gelieferten Wassers in Abzug brachten. Schierbeck, welcher im Sommer 1893 an einer Versuchsperson im hiesigen hygienischen Institut Versuche anstellte, fand 1500 g Wasserabgabe pro 24 Stunden. Er benützte zur Wasserbestimmung dieselbe Methode und denselben Apparat, deren ich mich bei den folgenden Versuchen bediente. Bei unserer Berechnung wurde, wie beiläufig bemerkt sein mag, die Wasserdampfabgabe des Kopfes und eines Theiles des Halses der Versuchsperson ausser Acht gelassen; berücksichtigt man noch diesen Umstand, liegen meine und die v. Pettenkofer-Voit'schen Versuchsresultate nicht sehr weit auseinander, da ich als Mittel von 19, mit einem und demselben Individuum[1]) angestellten Versuchen 284 g pro 24 Stunden erhielt. Es wäre wünschenswerth, eine grössere Serie von Versuchen anzustellen, um möglichst, durch Ausschliessung individueller und zeitlicher Einflüsse, eine wirkliche Mittelzahl festzustellen.

Umstände, welche die Wasserdampfabgabe beeinflussen können.

I. Luftdruck. Nothwang[1]) hat 1892 zuerst experimentell nachgewiesen, dass Verminderung des Luftdrucks eine

1) Bei einem zweiten Versuch bediente ich mich einer anderen jüngeren Versuchsperson, von geringerem Gewicht (Alter 27 Jahre, Gewicht 65,4 Kilo), und erhielt hier 103,7 g pro 24 Stunden.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XIV, S. 4.

wenn auch geringe Steigerung der Wasserdampfabgabe zur Folge hat, indem er bei einer Reduction des Luftdrucks auf 380 mm bei Thieren eine Mehrung der Wasserdampfabgabe im Verhältnis 100:107 fand. Nothwang's Versuchsobjecte waren Meerschweinchen. Gewöhnliche barometrische Schwankungen können bei Versuchen wie die unsrigen jedoch nur Aenderungen der Versuchsresultate bedingen, welche so gering sind, dass sie vollständig innerhalb der Fehlerbreite der Versuche fallen.

II. Wärmegrad. Rubner hat durch Versuche an Thieren gezeigt, dass bei 15° die Wasserdampfabgabe ein Minimum erreicht, dann, einerseits bei Sinken der Temperatur auf 0°, grösser wird (vielleicht durch Beschleunigung der Athmung), und ebenso bei Steigen der Temperatur bis 35°. Bei überreichlich genährten Thieren fand Rubner, dass erhöhte Lufttemperatur einen grösseren Einfluss auf die Wasserdampfabgabe ausübt als verminderte relative Feuchtigkeit. Bei einer Temperatur von 30° der umgebenden Luft fand Rubner, dass die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung ein Maximum erreichte; über diese Temperatur hinaus ist der Körper nur durch Wasserdampfabgabe fähig, Wärme abzugeben. Schierbeck[1]), dessen Versuchsperson ein Mann war, stellte fest, dass die Temperatur einen grösseren Einfluss hatte als die relative Feuchtigkeit, und dass die Wasserdampfabgabe der Haut grösser wurde, ungefähr Hand in Hand mit dem Ansteigen der Temperatur zwischen 30 und 39°; ferner dass bei 33° die Versuchsperson sichtbar zu transpiriren begann, und gleichzeitig die CO_2-Abgabe der Haut vermehrt war. Nach Rubner[2]) spielt die Wasserdampfabgabe gegenüber Leitung und Strahlung die Hauptrolle in der Wärmeabgabe bei grösseren Thieren.

III. Feuchtigkeit. Rubner fand, dass bei gut genährten Thieren der Grad der Luftfeuchtigkeit wenig Einfluss auf die Wasserdampfabgabe hatte, dass sich also der Körper verschiedenen Feuchtigkeitsgraden innerhalb gewisser Grenzen accommodirt;

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI, S. 230.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XI, S. 237.

ferner, dass eine vermehrte Feuchtigkeit eine geringe Abnahme der Wärmebildung herbeiführte. Wenn der Körper einer hochtemperirten und zugleich sehr feuchten Luft ausgesetzt ist, beobachtet man, dass die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung behindert ist, und dass der Körper der zugeführten Wärme sich entledigt durch vermehrte Transpiration und durch vermehrte Athemfrequenz (Abkühlung und vermehrte Wasserdampfabgabe von der Lunge aus). Je höher die Temperatur und je feuchter die Luft, desto rascher die Athmung.[1]) Dass unter gewissen Bedingungen Lufttrockenheit einen grösseren Einfluss als die Temperatur auf die Wasserdampfabgabe ausübt, hat Rubner an hungernden und mässig genährten Thieren bewiesen. Bis innerhalb 25 bis 30° fand Rubner, dass die Lufttrockenheit den grössten Einfluss ausübte, darüber hinaus die Temperatur. Also, unter im übrigen gleichen Bedingungen: Je trockener die Luft, desto grösser die Wasserdampfabgabe.

IV. Nahrung. Vermehrte Nahrungszufuhr hat keinen ersichtlichen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe bis zu 20°, aber wohl über diese Temperatur hinaus (Rubner).[2])

V. Kleidung. Rasirte Thiere geben bei 25° dasselbe Wasserquantum ab wie unrasirte bei 20° (Rubner), ein nackter Mensch bei 36° annähernd dasselbe Wasserquantum wie ein bekleideter bei 32° (Schierbeck).

VI. Sonstiges. Ob auch die Jahreszeit und Tageszeit einen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe ausüben, muss dahingestellt bleiben, doch möchte ich immerhin die Möglichkeit eines solchen Einflusses, bei so verschiedenen Versuchsresultaten, nicht ausschliessen. Dass der Gesundheitszustand und das Lebensalter eine grosse Rolle spielen, ist unzweifelhaft. Auch einzelne Lebensgewohnheiten wie der Alkoholgenuss und die Hautpflege dürften vielleicht unter Umständen einen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe durch die Haut ausüben, doch ist hierüber nichts experimentell festgestellt.

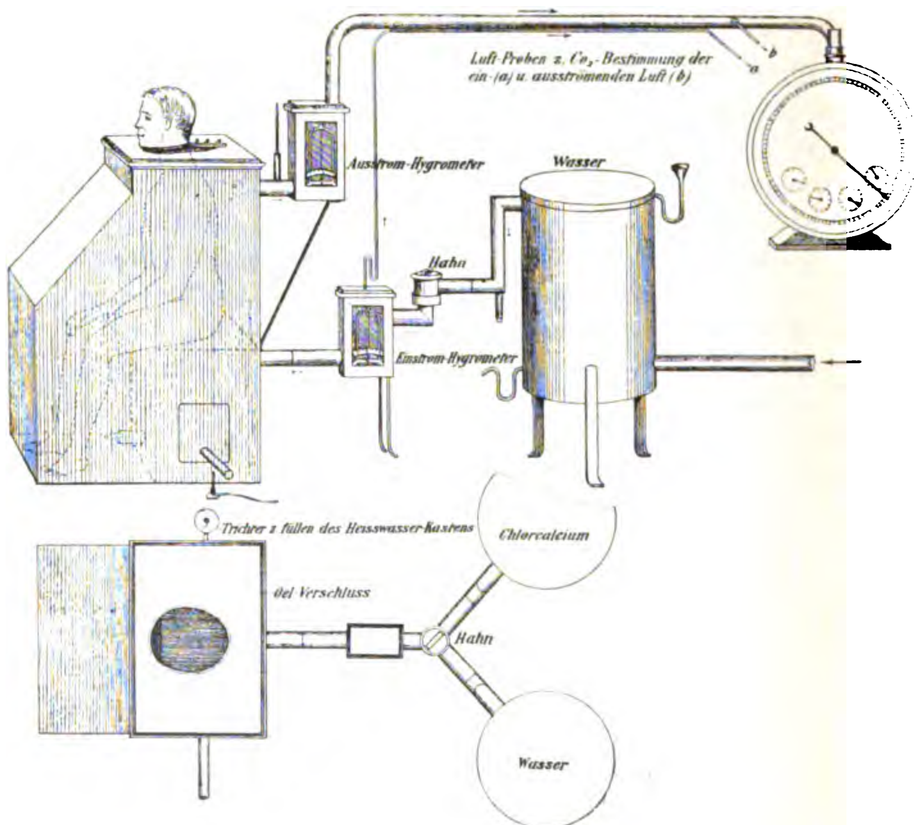
---

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI, S. 101.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XI.

Methode.

Um den Feuchtigkeitsgehalt der dem Versuchsraum zugeführten Luft nach Belieben reguliren zu können, war die Einrichtung getroffen, dass dieselbe, vor ihrem Eintritt in den Versuchsraum, eine Reihe von Chlorcalcium- bzw. Wasserschichten passirte. Diese Fig. gibt die gewählte Anordnung wieder; es ist



das fast der gleiche Apparat, den bis auf zwei Cylinder Schierbeck benützt und beschrieben, aber nicht abgebildet hat. Die Luft aus der Stube oder aus dem Freien wurde mittelst einer durch Wasserrad bewegten Gasuhr in die Cylinder aspirirt durch eine Oeffnung in der Nähe des Bodens, um innerhalb derselben über etagenförmig aufgebaute, mit Chlorcalcium oder mit Wasser gefüllte Schalen zu streichen und getrocknet bzw. feucht den

Cylinder zu verlassen. Um höhere Grade von relativer Feuchtigkeit zu erreichen, war die Einrichtung getroffen worden, dass der Wasser enthaltende Cylinder erwärmt, und die denselben passirende Luft, zur Vermeidung von Condensation, während ihres Weges nach dem Versuchsraum auf erhöhter Temperatur gehalten wurde. Mittels eines (aus der Abbildung ersichtlichen) Dreiweghahnes war es möglich, zum Versuchsraum nach Belieben Luft aus dem einen oder dem anderen, oder auch aus beiden Cylindern zuströmen zu lassen. Den Hals der Versuchsperson umschloss ein Gummikragen von ungefähr 2 mm Dicke, dessen überstehende Enden mittels einer Klemme zusammengehalten wurden, so dass ein durchaus luftdichter Abschluss eintrat. Es stellte sich heraus, dass es — ohne Condensation in verschiedenen Theilen des Kastens — trotz aller Umhüllungen unmöglich war, die Luft des Versuchsraumes, deren Temperatur nach Eintritt der Versuchsperson in den oberen Theilen auf 30° stieg, höher als zu ca. 65 % zu sättigen. Für höhere Feuchtigkeitsgrade würde der Apparat verschiedene Abänderungen erfahren müssen, etwa mit doppelten Wänden und Wasserdurchfluss zu versehen sein. Die Temperatur des Kastens wurde bis zu Beginn des Versuchs continuirlich auf 20 bis 24° gehalten, und es wurde mit der Regulirung der Luftfeuchtigkeit begonnen, bevor der Mann in den Apparat eintrat; nächstdem stieg, wie erwähnt, die Temperatur auf 29 bis 30°, wobei nicht unbedeutende Temperaturunterschiede zwischen Bodenwandung und Deckenwandung des Kastens sich bemerkbar machten. Die Temperatur der Bodenwandung stieg nie genug, um bei einigermaassen hoher relativer Feuchtigkeit Condensation auszuschliessen. Könnte man auf mechanischem Wege eine Luftcirculation im Kasteninnern erreichen, so würde voraussichtlich dieser Missstand wegfallen. Besonders schwierig war diese Regulirung auch deshalb, weil die Versuche in die Winterszeit fielen.

Die Versuchsperson war gesund, 40 Jahre alt, Gew. 76,6 kg. Ebenso wie bei den Schierbeck'schen Versuchen stieg auch bei meinen Versuchen der Mann gewöhnlich ungefähr 3 Stunden nach einer Mahlzeit in den Kasten und befand sich darin ganz

behaglich. Tabelle I und Curve geben die Resultate von 17 zweistündigen Versuchen; sie beweisen: dass innerhalb unserer Versuchsbedingungen die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit der Luft keinen ersichtlichen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe der Haut ausüben.

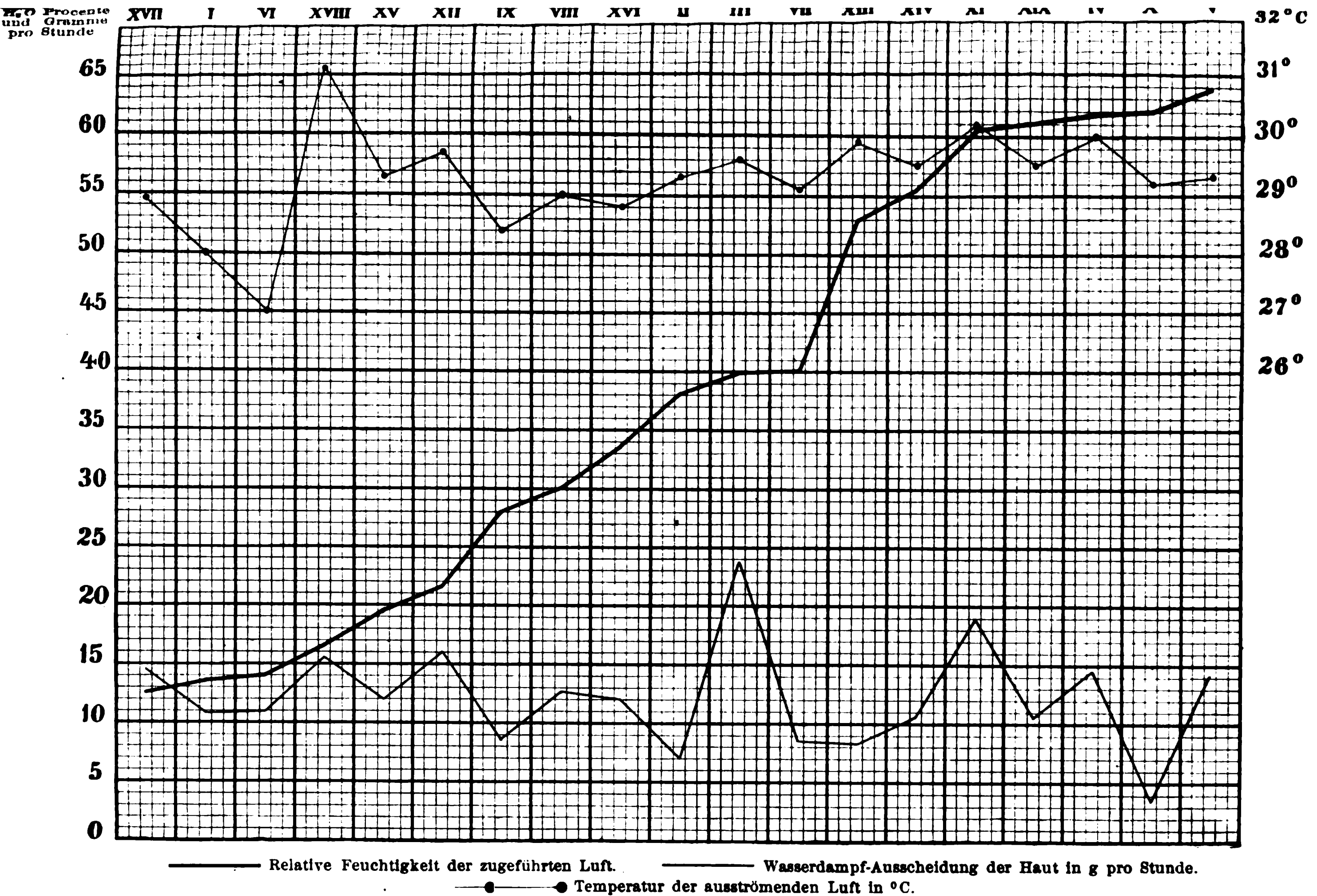
Tabelle I.

Nummer des Versuchs	Barometer	Temperatur im Kasten	Atmosphär. Luft			Ausströmungs-Luft			Ausscheidung der Haut	
			Relative Feuchtigk.	g H_2O in 1 cbm	Sättigungs-Deficit	Relative Feuchtigk.	g H_2O in 1 cbm	Sättigungs-Deficit	g H_2O pro Stunde	g H_2O in 24 Stund.
XVII	760	28,9	12,6	3,6	24,8	21,0	6,5	21,8	14,7	353,5
I	767	28,0	13,4	3,6	23,4	21,4	5,6	20,7	10,6	254,6
VI	748	27,0	14,1	3,6	21,9	22,4	5,7	19,8	10,7	256,3
XVIII	753	31,1	16,4	5,3	26,7	26,5	8,5	23,5	15,4	369,3
XV	760	29,3	19,7	5,7	23,8	28,0	8,1	20,9	12,0	287,5
XII	755	29,7	21,8	6,5	23,2	32,0	9,5	20,2	16,1	386,6
IX	758	28,4	28,0	9,8	17,8	44,8	12,4	15,2	8,3	198,4
VIII	760	29	30,0	9,6	18,9	43,3	12,3	16,3	12,7	305,7
XVI	760	28,8	33,6	9,5	18,7	43,2	12,2	16,0	12,0	287,5
II	767	29,3	37,9	11,0	18,4	45,0	12,4	15,2	7,0	167,3
III	768	29,6	39,9	11,8	17,7	55,3	16,5	13,3	23,5	563,0
VII	759	29,1	40,3	11,6	17,1	47,0	13,5	15,2	8,6	206,8
XIII	752	29,9	52,8	15,8	14,1	58,7	17,6	12,4	8,2	196,3
XIV	748	29,5	55,5	16,3	13,0	62,7	18,4	10,9	10,8	258,9
XI	747	30,2	60,4	18,4	12,0	75,5	23,0	7,5	18,8	451,2
IV	766	30,0	61,8	18,6	8,5	73,5	21,5	7,8	14,5	347,3
V	758	29,3	63,7	18,5	10,5	73,7	21,4	7,6	14,3	342,9

Aus den Versuchsergebnissen lassen sich folgende Zusammenstellungen machen — beim unbekleideten Mann.

Tabelle II.

Temperatur im Durchschnitt	28,8°	29,0°	29,5°	29,7°
Relative Feuchtigkeit der Luft	12,6—19,7%	21,8—33,6%	37,9—55,5%	60,4—63,7%
Wasserdampfabgabe im Durchschnitt in Gramm pro 24 Std.	304,2	294,5	276,4	380,4


H2O Procente und Gramme pro Stunde
XVII
I
VI
XVIII
XV
XII
IX
VIII
XVI
II
III
VII
XIII
32° C
31°
30°
29°
28°
27°
26°
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Relative Feuchtigkeit der zugeführten Luft.
Wasserdampf-Ausscheidung der Haut in g pro Stunde.
Temperatur der ausströmenden Luft in °C.

Innerhalb der Grenzen von 12,6 bis 63,7% relativer Feuchtigkeit ist demnach die Wasserdampfausscheidung von der Haut des Menschen eine nahezu gleichbleibende. Zu diesem Ausspruch halte ich mich, trotz des Umstandes, dass bei 60,4 bis 63,7% relativer Feuchtigkeit die Wasserdampfabgabe etwas stieg, für berechtigt; denn die Zunahme auf 380,4 g will, bei den grossen Schwankungen, deren die Wasserdampfabgabe fähig ist, nicht viel bedeuten. Schierbeck hat bei dem Steigen der Temperatur von 29,8° auf 38,4° den Wasserdampf von 532,8 auf 3811,2 g wachsen sehen, d. h. um mehr als das Siebenfache.

Die Wasserdampfschwankung stellt also, so lange sie nicht durch behinderte Wärmeabgabe den ganzen Körper in Mitleidenschaft zieht, keine Ursache für vermehrte Wasserabgabe aus der Haut dar.

Zum Schluss erübrigt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Rubner für die Zuweisung des Themas und für die Unterstützung während des Verlaufs der Arbeit meinen besten Dank zu sagen.

Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

II. Theil: Ueber die Grösse der Wärmestrahlung einiger Beleuchtungsvorrichtungen.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Einleitung.

Es ist eine bekannte Erfahrung, dass mit der Entwickelung der Beleuchtungsindustrie zugleich das Bedürfnis nach Licht in grösseren Kreisen der Bevölkerung zunimmt. Während man in Schule und Haus, auf den Strassen und in den Geschäftslokalitäten früher mit kleinen Lichtquantitäten auszukommen verstand, ist seit der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts das Lichtbedürfnis rasch grösser geworden und in der ärmlichsten Behausung findet man heutzutage Lampen, deren Lichtfülle in früheren Zeiten den Neid eines Begüterten erweckt hätte.

Im letzten Jahrzehnt haben sich unsere Erfahrungen über die Beleuchtung durch die Verbesserung und häufigere Verwendung der Photometer ungemein erweitert; aber immerhin weist die Lehre von der Beleuchtung nach vielen Richtungen Lücken der Erkenntnis auf, welche bei der hygienischen Beurtheilung einschlägiger Fragen unangenehm empfunden werden. So sind

z. B. die Kenntnisse über die Verhältnisse der Wärmestrahlung des Beleuchtungsmaterials ungemein dürftige und das Wenige, was man da und dort angegeben findet, beruht nicht einmal auf speciellen, experimentellen Prüfungen:

Aus rein wissenschaftlichen Gründen müsste es von Interesse sein, zu erfahren, in welchem Maasse durch unsere Beleuchtungseinrichtungen neben dem Licht strahlende Wärme nach Aussen abgegeben wird. Diese Frage ist gerade bei den terrestrischen Lichtquellen von besonderer Bedeutung. In hygienischer Hinsicht wäre die Erkenntnis der strahlenden Wärme von Werth, weil die Wärmestrahlung ein Hindernis für den Gebrauch der Beleuchtungseinrichtungen darstellt.

Wir haben bereits in einer vorhergehenden Arbeit im Eingehenderen die Wirkung der Strahlung geschildert und wir sind der Ansicht, dass unzählig oft die Wärmestrahlung eine Last ist und, dass Nachteile für unsere Gesundheit durch reichliche Bestrahlung hervorgerufen werden können. Wir haben hervorgehoben, dass man die Grenzen, innerhalb deren die Bestrahlung durch terrestrische Lichtquellen ohne allen Nachtheil verläuft, genauer zu bezeichnen in der Lage ist.

Die Nähe einer wärmenden Lichtquelle erzeugt ein Gefühl der Unbehaglichkeit, das sich über Stirnhaut und Augen ausausbreitet, ein schmerzliches Gefühl des äusseren Augenrands, Trockenheit und Druck des Auges. Der Hygieniker sollte angeben können, inwieweit die verschiedenen Beleuchtungseinrichtungen Quellen für die Wärmestrahlung sind.

Hierüber vermag man aber auf Grund etwaiger Experimente kein Urtheil zu fällen, weil die Wärmestrahlung unserer künstlichen Lichtquellen bis jetzt nie Gegenstand einer besonderen Untersuchung gewesen ist. Diess mag befremdend erscheinen, da man doch ab und zu wenigstens von der Verschiedenheit der Wärmestrahlung einiger Beleuchtungseinrichtungen reden hört. Solche Aeusserungen beziehen sich aber genau besehen, auf grobsinnliche Wahrnehmungen. So sagt man vom elektrischen Licht, es strahle weniger wie Gaslicht und in neuester Zeit wird von dem Auerlicht, dessen geringes Strahlungsvermögen

gerühmt, weil die im täglichen Gebrauch befindlichen Beleuchtungsapparate dem Wärmegefühl sich nicht in störender Weise bemerkbar machen.

In ein paar Fällen hat man nach dem Vorgange Arnould's versucht, die ungleiche Strahlung einer Gas-, elektrischen oder Petroleumlampe mittels einfacher oder geschwärzter Thermometer, die man in einiger Entfernung von der Lampe aufhing und bestrahlen liess, zu bestimmen. Die Ergebnisse solcher Messungen haben aber kein wissenschaftliches Interesse, da man auf diesem Wege nicht einmal relative Werthe erhalten kann, und man meist verabsäumt hat, wenigstens gleiche Helligkeit der Lichtquelle herzustellen. Da ist unsere Hohlhand ein weit besseres Reagens auf strahlende Wärme, als ein solches nicht näher geprüftes, geschwärztes Thermometer. Versuche von Werth und Bedeutung liegen also bis jetzt nicht vor. Der Ursachen für die Vernachlässigung dieses Theils der Lehre von der Beleuchtung gibt es mehrere. Ein Grund liegt in der geringen Bearbeitung des Gebietes der experimentellen Hygiene überhaupt, ein anderer in dem Fehlen geeigneter dem Zwecke angepasster Methoden, ein dritter in der irrigen Anschauung, die man sich über die Wärmestrahlung unserer Leuchteinrichtungen im allgemeinen gemacht hat und die wir bereits angedeutet haben. Der letzte Punkt erfordert eine eingehendere Erläuterung, weil uns diese Betrachtungen zugleich den Weg weisen werden, auf welchem eine experimentelle Lösung der Fragen durchgeführt werden kann.

Man hat sich genügen lassen hinsichtlich der Wärmestrahlung gewisse leicht zu machende Erfahrungen, wie die Behauptung, dass ein Gasbrenner mehr durch Strahlung belästigt wie ein elektrisches Glühlicht. dass das Gas wärmer mache wie Petroleum, als Lehrsätze aufzustellen.

Diesen allgemeinen Erfahrungen liegt unbewusst ein sehr einfaches, aber bisher nicht näher formulirtes und in seinen Principien nicht näher dargelegtes Gesetz, dessen Erkenntnis gewisse Ungleichheiten im Strahlungsvermögen nicht verwunderlich erscheinen lässt, zu Grunde.

Der Aufwand an Spannkraft oder lebendiger Kraft, welche für gleiche Lichtmengen nothwendig ist, entspricht sehr verschiedenen Grössen, d. h. sehr verschiedenen Wärmemengen, nach diesen pflegen wir die Kräfte einheitlich zu messen. Ein Beispiel ungleicher Verwerthung der Kräfte gibt das Leuchtgas, man findet, dass ein Cubikmeter Leuchtgas zu liefern im Stande ist[1]):

	an Spermacetkerzen
beim Einlochbrenner	45
Argandbrenner	100
Auerlicht alten Systems	160
grossen Siemensbrenner	145
bei elektrischer Glühlampe	266
» neuem Auerlicht	600
» einer grossen Bogenlampe	750.

Der Aufwand an Energie für 1 Kerze gerechnet, umgekehrt proportional den oben angeführten Lichtstärken, ist also ungemein verschieden.

Die Gründe, warum es gelingt, so ungleiche Lichtmengen gewissermaassen aus gleichbleibenden Grössen der Energievorräthe zu erzielen, sind jetzt kaum im Einzelnen darzulegen. Auch diese Fundamentalfragen werden sich aber mit Hilfe der Erfahrungen und Untersuchungen über die Wärmestrahlung klären lassen.

Die vielfach gebräuchlichen Angaben über Verschiedenheiten der Wärmestrahlung sind nichts Anderes als eine Nutzanwendung der eben berichteten Thatsache eines ungleichen Energieverbrauches für gleiche Lichteinheiten bei Veränderung der Bedingungen, unter welchen die Lichterzeugung erfolgt.

Wenn man auch zugeben muss, dass dort wo der Energieaufwand für die Lichteinheit um ein Mehrfaches unterschieden

1) 1 Glühlampe = 16 Kerzen, bei 60,5 l Gasverbrauch eines guten Gasmotors.

ist, Ungleichheiten der relativen Strahlung vorhanden sein müssen, so hängen einer derartigen Betrachtung doch eine Fülle von Fehlern, welche ein völlig schiefes Urtheil erzeugen können, an.

Zunächst ist es überhaupt zu beanstanden, den calorimetrischen Werth des Leuchtmaterials einfach auf die Kerzenzahl zu vertheilen, aus Gründen, die ich a. a. O. näher dargelegt habe. Die Verbrennungswärme im Calorimeter gibt den Wasserdampf zu Wasser condensirt, die natürliche Verbrennung aber lässt ihn in Dampfform entstehen. Gerade bei den Leuchtflammen entsteht immer Wasserdampf und es bleibt daher ein erheblicher, bei den verschiedenen Leuchtmaterialien ungleicher Theil der Wärme latent. Die hohe Flammentemperatur macht diesen Wärmeverlust für die Flamme selbst zu einem noch grösseren, als wir ihn schätzen. Es ist einleuchtend, dass, wenn überhaupt eine nähere Beziehung zwischen Wärmeproduction im Leuchtkörper und Wärmestrahlung besteht, eine solche Beziehung nur für die wirklich als Schwingungszustand der Materie vorhandene und nicht dem Aggregatzustand zukommende Wärme gegeben sein kann.

Auch die Unvollkommenheiten des Verbrennungsprocesses kommen bei manchen Beleuchtungsmaterialien für die Frage der Wärmebildung in Betracht.

Wollte man aber in Rücksichtnahme auf die berührten Punkte diese Wärmeberechnungen durchführen, so kann doch der für eine Kerze Helligkeit gemessene Energieaufwand nie ein relatives Maass für die Wärmestrahlung sein.

Dies wäre ja nur der Fall, wenn die frei werdende Energie sich in einem stets gleichbleibenden Verhältnis auf die einzelnen Wege des Verlustes, auf das Licht, die dunkle Wärmestrahlung, auf den Wärmetransport durch heisse Gase (wo solche erzeugt werden) vertheilte, d. h. wenn zwischen Licht und strahlender Wärme ein festes unwandelbares Verhältnis bestünde. Aber wie verschiedene Erfahrungen lehren, besteht die für die Lichteinheit berechnete Gesammtwärmeproduktion nicht etwa in bestimmten Procentsatz aus strahlender Wärme; nicht einmal für die

engere Grenze eines bestimmten Beleuchtungsmaterials wie der Kerzen, des Leuchtgases u. s. w. findet sich eine solche Beziehung.

Die Annahme einer constanten Beziehung zwischen Licht und Wärme widerspricht unseren Erfahrungen über die verschiedene Verwendbarkeit eines und des nämlichen Leuchtmaterials zu Beleuchtungszwecken. Leuchtgas kann so angewandt werden, dass die aus einem Liter Gas erzeugten Lichtmengen um das Zehnfache verschieden sind. Diese Thatsache weist ohne Weiteres darauf hin, dass dort, wo aus der gleichen Gasmenge, d. h. derselben Quantität Gesammtwärme ausserordentlich mehr Licht gewonnen wird, die Relation zwischen Strahlung und Wärmeverlust durch die heissen Gase zu Gunsten der ersteren geändert sein muss.

Ein leicht anzustellendes Experiment ist folgendes:

Nehmen wir einen Bunsenbrenner, der gleichheitlich von Gas gespeist wird, so wissen wir, dass derselbe im Stande ist, bei geeigneter Luftzuführung das Leuchtgas völlig lichtlos zu verbrennen; schliessen wir die Luftzufuhr, so entsteht die leuchtende Flamme, hänge ich aber in die entleuchtete Flamme eine Platinspirale, oder ein Auer'sches Netz, so wird auch eine starke Licht ausstrahlende Glühfläche erhalten. Das Augenmaass überzeugt uns, dass die reine Kohlenstoffflamme weniger leuchtend ist als das Auer'sche Licht. — Da die Gesammtwärmeproduction in allen drei Fällen dieselbe ist, denn der Gaskonsum war ja nach unserer Annahme gleichmässig, so würde demnach bei dem Auer'schen Lichte auf 1 Kerze Helligkeit die kleinste Gesammtwärmeproduction treffen; der leuchtende Bunsenbrenner würde eine mittlere Stellung einnehmen, der entleuchtete Brenner dagegen würde für Spuren von Licht die grösste Wärmeproduction aufweisen.

Die Vertheilung der strahlenden Wärme und die mit den heissen Verbrennungsgasen abziehende Wärme ist aber in den drei Fällen eine ganz ungleiche, wie sich ergibt, wenn man die Ausstrahlungen der drei verschiedenen Flammen betrachtet.

Setzt man die Wärmestrahlung des Bunsenbrenners mit nichtleuchtender Flamme = 100, so hat man

		Licht
Nicht leuchtende Flamme Strahlung	= 100	0 Kerzen
Leuchtende »	= 184	— »
Flamme mit Glühkörper »	= 346	12 »

Die Flamme des Auer'schen Glühkörpers besteht also offenbar aus reichlicherer Strahlung als jene des leuchtenden Bunsenbrenners, und dieser wieder führt mehr strahlende Wärme als die nichtleuchtende Flamme.

In einem anderen Falle erhielt ich folgende Zahlen, die in nachstehender Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle I.

Auerlicht[1]) ohne Glascylinder.

Bezeichnung	K. J.	Ausschl. d. Galvan. A.	Für 1 Kerze Helligkeit
Nichtleuchtender Bunsenbrenner . .	0	141	0
Leuchtende Bunsenflamme	3,83	240	62
Der Glühkörper	5,75	514	89

Auch wenn man durch Einführung irgend welcher leicht verdampfender Substanzen, wie Natron-, Cäsium- Rubidium- etc. Salze, die für Spectralzwecke verwendeten gefärbten Flammen entstehen lässt, wird die Ausstrahlung nach der Thermosäule hin vermehrt. Die Ausschläge sind allerdings nicht erheblich, weil ja auch die Leuchtkraft solcher Flammen eine minimale zu sein pflegt.

Je nachdem also bloss die Kohlensäure, Wasserdampf, die Luft oder die Kohlenpartikelchen und die Erdsalze des Auer-schen Glühkörpers die ausstrahlenden Theilchen sind, ändert sich die quantitative Vertheilung der Wärme; die Strahlung nimmt um über das Dreifache zu.

Durch die schönen Untersuchungen Tyndall's über die Wärmestrahlung verschiedener Lichtquellen durch Dämpfe ist in klarer und lichtvoller Weise für die dunkle Wärmestrahlung die

1) Januar 1889. Neuer Brenner.

Verschiedenartigkeit derselben in ähnlicher Art, wie durch die Spectraluntersuchungen für das Licht geschehen war, dargethan worden.

In sehr vielen Fällen handelt es sich bei unsern Beleuchtungseinrichtungen um Erfindungen, durch welche eine bessere Ausnützung des Leuchtmaterials gelingt. Eines der wirksamsten Mittel, um Licht zu erhalten, ist die Steigerung der Temperatur. Lässt man durch eine Platinspirale den elektrischen Strom kreisen, so wird sie warm, kommt dann in Rothgluth, wobei sie nach Draper etwa 525° misst, und endlich bis zur Weissgluth (1200°). Mit zunehmender Temperatur treten immer reichlicher kurzwellige Strahlen auf. Bei 655° liefert der Platindraht ein Spectrum bis Grün (F) bei 725° schon etwas blau, bei 795° blau bis (G) und unter Verstärkung der Intensität der rothen Strahlen erreicht das Spectrum bei 1170° die Vollständigkeit des Tageslichts. Licht- und Wärmestrahlung nehmen ungemein rasch zu.

Schon von Melloni wurden Experimente, welche die ungleichen Qualitäten der Strahlung darthun, ausgeführt, indem er durch Steinsalz und durch Alaunplatten strahlen liess. Unter der nicht ganz zutreffenden Annahme, dass Steinsalz Licht und Wärme, Alaun aber nur das Licht durchlasse, fand er bei der Oellampe 10 leuchtende und 90 dunkle, bei Platin 2 leuchtende und 98 dunkle und bei der Weingeistflamme neben 1 leuchtenden 99 dunkle Strahlen.

Auch Tyndall's Versuche lassen die Verschiedenheiten zwischen Licht- und Wärmestrahlung nur vermuthen, sie geben, weil wenig zahlreich, nur ein unvollkommenes Bild. Sie lassen, wie sich beweisen lässt, die Unterschiede zu klein erscheinen. Tyndall prüfte nämlich nur die von den Flammentheilen selbst ausgehende Strahlung; andere Theile der Leuchtkörper vermochten ihre Strahlung nicht nach der Säule zu senden.

Bei den Leuchteinrichtungen des täglichen Lebens kommen aber ausser der Strahlung, welche der Leuchtkörper selbst ausstrahlt, wie ich mich überzeugte, erheblich als Quelle der Strahlung die festen Theile einer Lampe, eines Brenners, welche nur

dunkle Strahlung liefern, in Betracht. Dieser Einfluss kann sogar bedeutungsvoller werden, als die inneren physikalischen Verschiedenheiten einer Flamme. Ich habe mich darüber eingehend durch Versuche belehrt, und wir werden später noch Gelegenheit haben, auf diese Dinge etwas näher einzugehen.

Wie sehr die Ausstrahlung unter Umständen von diesem Faktor beeinflusst wird, das mögen die wenigen Zahlen, die ich aus meinen Messungen zusammengestellt habe, in Folgendem darthun.

Tabelle II.

Bezeichnung des Zustandes der Lampe	Auerlicht ohne Cylinder	in %	Auerlicht mit Cylinder	in %
In Brand	73,0	100	47,2	100
Abgelöscht	10,5	14,3	23,5	49,7

Die Werthe beweisen, dass die Wärmestrahlung, die wir beobachteten, unter Umständen bis zur Hälfte von den erhitzten Theilen des Brenners und dem Glascylinder geliefert wird. Aber diese Antheilnahme der »heissen Theile«, wie ich kurzweg sagen will, an der Ausstrahlung, differirt in den Einzelfällen sehr. Unter nahe verwandten Verhältnissen zeigt uns das »Auerlicht« erheblich weniger Wärmeabgabe der heissen Theile und in anderen Fällen kann die auf diese fallende Wärmemenge gegenüber der Gesammtstrahlung verschwindend klein werden.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass den jetzt geübten approximativen Schätzungen der strahlenden Wärme nach Maassgabe der Wärmeentwickelung eines Leuchtprocesses keine Bedeutung zuzumessen ist, dass man vielmehr durch directe Untersuchungen die Strahlung der Lichtquellen wird feststellen müssen.

Die Art solcher Erhebungen und die Bezeichnung der Wärmestrahlungsgrösse kann man sich in sehr verschiedenartiger Weise realisirt denken. Da die Beleuchtungsarten, welche hygienisches Interesse beanspruchen können, sehr mannigfaltige sind, so handelt es sich um sehr umfangreiche Untersuchungen; das

praktische Interesse fordert eine Aussage über die Wärmestrahlungseigenthümlichkeiten der Kerzen-, Lampen-, Gas- und elektrischen Beleuchtung. Wie man sich heutzutage vielfach nur im allgemeinen fragt, wie viel Licht gibt eine Kerze, eine Petroleumlampe, ein Gasglühlicht u. s. w., so könnte man die Beantwortung ähnlicher Fragen für die Wärmestrahlung als Ziel der Untersuchung setzen.

Dieser Art der Fragestellung kommt aber eine wissenschaftliche Bedeutung gewiss nicht zu, weil derartige typische Constanten für die Strahlung der Beleuchtungskörper nicht zu erwarten sind. Kerzen, Lampen, Gaslicht, elektrisches Licht besitzen für die einzelnen Gruppen so wenig gemeinsame und gleichartige physikalische Bedingungen, dass dieser Pfad der Untersuchung nicht gangbar ist. Die Analyse der uns beschäftigenden Erscheinungen würde auf's Allerschwerste gestört und eine ungemein verwickelte werden, wenn man die durchschnittliche Eigenart der Beleuchtungssysteme in erster Linie aufzusuchen sich bemühte.

Rationeller wäre schon ein Studium der Energievertheilung auf die einzelnen Wege des Energieverlustes, obschon auch dabei mancherlei für das Wesen des Strahlungsvorganges Bedeutungsvolles unserer Beobachtung entginge.

Ich habe gesehen, dass sowohl für die wissenschaftliche wie die praktische Behandlung der einschlägigen Fragen die Darstellung und Untersuchung sich am einfachsten und durchsichtigsten gestaltet, wenn man die Beziehung der Wärme zum Licht zum Ausgangspunkte wählt. Diess hat den Vortheil, dass wir in praxi den Abstand der Lichtquelle von dem zu beleuchtenden Gegenstand und unserem Körper nach der Helligkeit, die wir zum Lesen oder Schreiben gebrauchen, zu bemessen gewohnt sind.

Die störenden Wirkungen der strahlenden Wärme müssten also, wie in der vorstehenden Abhandlung näher auseinandergesetzt worden ist, mit der Lichtmenge verglichen sein.

In zweiter Linie erfordern die engeren physikalischen Beziehungen zwischen Licht und strahlender Energie unbedingt, Beide von Anfang an zu verknüpfen.

So habe ich denn ganz allgemein jede auf die Strahlung untersuchte Lichtquelle zu gleicher Zeit und während der Strahlung auf ihre Helligkeit untersucht und alle Angaben werden in Folgendem auf 1 Kerze als Einheit bezogen. Als solche habe ich die Spermacetkerze, für welche die Constanten meiner Weber'schen Photometer berechnet waren, beibehalten.

In hygienischer Hinsicht bietet diese Vergleichsweise noch den Vortheil, dass man gewöhnlich alle Eigenthümlichkeiten wie die Gesammtwärmebildung, Kohlensäure- und Wasserdampferzeugung auch auf dieses Maass reducirt.

Wir kommen später noch am Ende unserer Betrachtungen auf diese Relationen zwischen Licht und Wärme zurück und werden zu erörtern suchen, ob nicht ein anderer Weg als der betretene in Zukunft zu geeigneten Vorstellungen über die thermischen Verhältnisse der Leuchtflammen führt.

Wir glauben demnach darthun und beweisen zu können, dass unsere Betrachtungsweise, welche von der Lichtstärke der Lichtquellen ausgeht und dieser die Wärmestrahlung anreiht und in ein rechnerisches Verhältnis zu ersterer stellt, eine rationelle genannt werden muss.

Die Nothwendigkeit der directen Strahlungsmessung habe ich seit vielen Jahren betont; bereits im Jahre 1889 habe ich beim Erscheinen der ersten Lieferungen meines Handbuches die angewandte Methode[1]) näher beschrieben, und in grossen Zügen über die Resultate dieser Untersuchungen berichtet. Die nachfolgenden Experimente haben namentlich hinsichtlich einiger Lampensysteme, wie des Auerlichts und der elektrischen Beleuchtung, wesentliche Erweiterungen erfahren.

Methodisches.

a) Gesammtwärmeproduction des Beleuchtungsmaterials.

In den folgenden Untersuchungen werden eine Reihe von Methoden Verwendung finden, über welche ich hier in Kürze

1) S. 240.

einige Angaben zu machen habe. Es sind dies: die Bestimmung der Verbrennungswärme des Materials, die Wärmestrahlungsmessung und die Photometrie. Wenn auch die Gesammtwärmeproduction des Leuchtmaterials eine allgemeine Bedeutung zur Beurtheilung der Strahlung nicht besitzt, so werden wir der dieselbe betreffenden Angaben doch nicht ganz entrathen können. Für die Frage der Ausnutzung der vorhandenen Energie, für die Besprechung der Mengenverhältnisse der bei Leuchtflammen vorkommenden Wärmeverluste wird man auf die totale Wärmebildung zurückgreifen müssen.

Hierzu werde ich die Zahlen benutzen, welche ich mit Dr. Cramer für verschiedene Materialien mittels meines Calorimeters gefunden habe und die a. a. O. [1]) mitgetheilt wurden. Zur Bestimmung der Verbrennungswärme des Leuchtgases habe ich in dem letzten Jahre das Junker'sche Calorimeter benützt, welches ermöglicht, dass man zur gleichen Zeit mit der Lichtmessung und der Strahlungsbestimmung auch den Verbrennungswerth des gerade zu untersuchenden Gases verbindet. Die mit dem Calorimeter gewonnenen Wärmemengen für Berliner Leuchtgas habe ich bereits mittheilen lassen. [2])

Die Wärmeerzeugung durch elektrisches Licht habe ich, wie dies jetzt gang und gäbe ist, nach dem Arbeitsaufwand zumeist nach dem Stromverbrauch und der Spannung berechnet. Als Messinstrumente kamen dabei ein genau gehendes Voltmeter und entsprechendes Ampèremeter, deren ich je nach der Stärke der Ströme drei zur Verfügung hatte, zur Benützung. Einer von diesen ist ein mehrfach controllirter Strommesser von Edelmann. Der Widerstand der Lampen ist, wo nöthig, selbstverständlich für den betreffenden Glühzustand des Kohlenfadens bestimmt.

Consumbestimmungen fester Stoffe wurden je nach dem Belastungsverhältnis, welches zu erwarten war, auf entsprechenden Waagen vorgenommen.

---

1) Cramer. Archiv für Hygiene, Bd. X, S. 283.

2) Nutall. Hyg. Rundschau, 1895.

Für Gas kamen nur besonders geaichte Gasmesser, wie sie für wissenschaftliche Untersuchungen benützt werden, zur Verwendung. Temperatur und Druck wurden dort berücksichtigt, wo es nicht auf relative Vergleichungen, sondern auf absolute Werthe ankam.

b) Die Lichtmessung.

Nach dem in der Einleitung Gesagten sollen alle Erscheinungen der strahlenden Wärme auf die Lichteinheit bezogen werden. Die in den Versuchsergebnissen niedergelegten Zahlen hängen in ihrer Genauigkeit ebensowohl von der Exactheit der Lichtmessung wie von der Exactheit der Strahlungsmessung ab. Es wird nicht umgangen werden können, die Lichtmessungsmethode näher zu berühren; wir werden auch mehrfach späterhin auf die Lichtqualitäten einzugehen gezwungen sein.

Die Lichtstärkemessungen habe ich anfänglich nach Bunsen dann nach L. Weber ausgeführt. In dem Nachfolgenden finden sich nur noch wenige Angaben über Lichtstärke, welche nach der ersteren Methode gewonnen sind; nicht nur eine Reihe von technischen Schwierigkeiten, sondern auch eine gewisse Beziehung von Licht- und Wärmestrahlung, die wir erst im dritten Theil dieser Arbeiten näher werden würdigen lernen, haben mich veranlasst, die ältere Lichtmessmethode zu verlassen.

Das Bunsen'sche Fettfleck-Photometer (von Desaga) war in dem gleichen Raume, in welchem die thermischen Messungen ausgeführt werden sollten, aufgestellt. Jeder in Folgendem mitgetheilte Einzelwerth bezieht sich nicht etwa auf eine Ablesung, sondern ist das Mittel von 8 bis 10 Beobachtungen. Bei Letzteren wurde jedesmal, sowohl von einem der zu messenden Flamme zu nahen als auch von einem zu entfernten Punkte die Messung begonnen und dann eingestellt.

In dem Photometergehäuse war, einer kleinen Oeffnung in der Wandung gegenüber, ein Spiegel mit Millimetertheilung angebracht. Die Flamme im Gehäuse konnte daher nach einmal erfolgter Vergleichung mit dem Normallicht vor jedem Ver-

such auf's Genaueste ohne weitere Zuhilfenahme der Normalkerze eingestellt werden.

Diese Einrichtung hat sich zur Controlle des Gleichbleibens der Messflamme als äusserst wichtig erwiesen.

Da die auf ihre Lichtstärke untersuchten Flammen auf den Messtisch zur Bestimmung der strahlenden Wärme gebracht werden mussten, hatte ich zur Verbindung mit dem Gashahn, wenn es sich um Gasflammen handelte, Kautschukschläuche verwenden müssen. Eine Benützung derselben ist aber keineswegs gleichgiltig, da durch dieselben die Leuchtkraft des Gases herabgesetzt wird.

Wenn man Leuchtgas durch Kautschukröhren leitet, so nehmen Letztere durch Absorption von Kohlenwasserstoffen an Gewicht zu; sie geben die absorbirten Stoffe beim Stehen im Exsiccator wieder unter Braunfärbung der Schwefelsäure ab (Zulkowsky)[1]. Die Lichtstärke wurde bei Messungen von Zulkowsky durch Kautschukschläuche von 12,0 Kerzen auf 9,3 Kerzen herabgesetzt. Ich habe es daher für nothwendig gehalten, für die von mir verwendeten Schläuche festzustellen, in wie weit dieselben die Leuchtkraft herabsetzen. Im Mittel erhielt ich bei Anwendung einer Bleileitung und eines Schnittbrenners in zwei getrennten Versuchsreihen

1. 17,5 Kerzen
2. 16,2 »

Als ein 3 m langer Kautschukschlauch eingeschaltet wurde, sank die Lichtstärke

1. auf 13,1 Kerzen
2. » 12,5 »

Es ist demnach im Mittel dieselbe von 16,85 auf 12,80 Kerzen oder von 100 auf 76,5 gesunken, = — 23,5%. — Es muss hier noch hinzugefügt werden, dass bei Ausführung der Versuchsreihen wesentlich auf ein Gleichbleiben aller Versuchsbedingungen zu achten ist. Namentlich würde der Umstand zu berücksichtigen sein, dass die Blei- und Kautschukleitung nicht etwa ungleiche Widerstände für den Gasstrom bieten.

In wenigen Fällen wurde eine 1 m lange Kautschukleitung verwendet. Es ist jedesmal angegeben, welche Einrichtung getroffen war. Im Durchschnitt ist durch einen Kautschukschlauch von 1 m Länge eine Verringerung der Lichtstärke um 7,8% anzunehmen.[2]

---

1) Ueber den Einfluss von Kautschukröhren auf die Lichtstärke. Dingler's polytechn. Journal, 1872, S. 313.

2) Es wurde neuerdings eine solche Messung für einen 2 m langen Schlauch ausgeführt und eine Verminderung der Leuchtkraft zu 17,3% = 8,6% für den Meter gefunden, was genügend mit obigen Zahlen übereinstimmt.

Als Normalkerze habe ich für die Untersuchungen nach Bunsen die deutsche Normalparaffinkerze benützt mit sorgfältig regulierter Flammenhöhe von 50 mm. Letztere wurde zum Theil mit dem Zirkel gemessen, späterhin wurde durch ein einfaches und sicheres Verfahren, welches die Ruhe der Flamme bestehen liess, eingeschlagen. Ein viereckiges Kästchen hatte an seiner Vorderseite einen Tubus mit Convexlinse, welch letztere an der Rückwand des Kästchens, die durch eine matte Glasplatte gebildet wird, ein Flammenbild entwarf. Bei scharfer Einstellung ist es möglich, genauestens die Höhe der Flamme zu bestimmen. Wie aus Mittheilungen von Krüss[1]) hervorgeht, ist eine ähnlicher, sorgfältiger ausgeführter Apparat bereits von Krüss und L. Weber zu Flammenmessungen verwendet worden.

Die Bunsen'sche Methode ist äusserst einfach, solange die Messflammen constant und ruhig sind und mit der Gasflamme eine übereinstimmende Farbe besitzen. Sobald die spectrale Zusammensetzung different wird, treten farbige Verschiedenheiten an dem Diaphragma auf, welche sich der Abschätzung bezüglich des Helligkeitgrades entziehen. Die Vergleichung von Farbenverschiedenheiten ist jene Grenze, an welche für alle photometrischen Methoden aus physiologischen Gründen fast unüberwindliche Schwierigkeiten erwachsen.

Bei Untersuchung des Auer'schen Gasglühlichtes traten mir nun auch derartige Schwierigkeiten entgegen, obschon in mehrfachen Ablesungen auch zu endgiltigen Zahlen zu gelangen war. Es ähnelte in seinem Aussehen dem Bogenlicht, besass also viel grünes und blaues Licht. Trotz mannigfacher Schwankungen in den Ablesungswerthen konnte man schliesslich doch zu definitiven Werthen über die Leuchtkraft kommen.

Diese Schwierigkeit war mir ein Grund für das Verlassen der Bunsen'schen Methode überhaupt; auch der Umstand, dass bei der Anwendung der Letzteren meine Lichtquellen ihre Auf-

1) Die elektrotechnische Photometrie, S. 104. Das optische Flammenmaass von Krüss ist für die Kerzen sehr brauchbar; für die Amylacetatlampe selbstverständlich aber ganz entbehrlich.

stellung verlassen mussten, wenn sie auf ihre Strahlung und Lichtstärke geprüft werden sollten, war unbequem und für Prüfungen, bei denen es auf Consumbestimmungen ankam, fehlerhaft, wenn schon die Grösse dieses Fehlers nach obigen Messungen hätte geschützt werden können. Wünschenswerth war mir, die Lichtquellen zur selben Zeit, wie an der nämlichen Stelle, wo die Strahlung bestimmt wurde, messen zu können. Zu solchen Aufgaben eignet sich das dem Foucault'schen im Princip nahestehende Photometer von Weber. Gaslichtbrenner wurden dabei direct mittels einer Bleileitung an die Zuleitung angeschlossen. Fast alle folgenden Messungen sind mit dem Weber-schen Instrument ausgeführt; und alle wesentlichen Versuche habe ich der Einheitlichkeit wegen mit diesem Photometer wiederholt. Als Lichteinheit habe ich die Spermacetkerze, wie sie allgemein bei Weber's Instrumenten den Constanten zu Grunde gelegt ist, beibehalten. Die beiden Photometer, die ich benützte, stammten von Schmidt & Hänsch in Berlin und waren fast ganz übereinstimmender Construction.

Dies Princip der Weber'schen Methode beruht darauf, dass in einem der Länge nach getheilten Tubus, der nach der Flamme zu gerichtet ist, in der einen Hälfte das Bild der Lichtquelle, in der anderen Hälfte das Bild der Normallichtquelle erscheint. Letztere ist eine Benzinflamme, welche durch Spiegelablesung scharf auf 20 mm Höhe eingestellt wird. Sie liegt in einem auf dem Haupttubus seitlich angesetzten Rohre, ihr Bild erscheint in Ersterem durch ein eingeschaltetes Reflexionsprisma. Variiren kann man die Lichtstärke durch einen kleinen Milchglasschirm, der sich in dem seitlichen Tubus verschieben lässt. Der Abstand von dem Benzinlicht lässt sich genau nach Millimetern an einer aussen am Tubus angebrachten Scala ablesen. Das Photometer, leicht transportabel, wird in einiger Entfernung von der Lichtquelle aufgestellt und durch Einschieben einer Milchglasplatte an dem vor deren Ende des nach der Flamme gerichteten Tubus abgeschwächt. Es wird die Entfernung der Milchglasplatte von der zu untersuchenden Lichtquelle genau bestimmt.

Verschiebt man die Milchglasplatte, welche dem Benzinlicht gegenüber sich befindet, bis beide Hälften des Gesichtsfeldes gleiche Helligkeiten zeigen, so ist der Endpunkt für die Untersuchung erreicht; nennt man diesen Abstand r, jenen des Apparates von der Lichtquelle R, so würde für ein Normallicht, wenn die Milchglasplatten das Licht ungehindert durchtreten liessen, die Intensität J eines Lichts $J = \frac{R^2}{r^2}$ sein. Da aber durch die Milchglasplatte eine starke Abschwächung des einfallenden Lichts entsteht und das Benzinlicht kleiner als die Lichteinheit ist, so ist entsprechend das Resultat noch mit einer Constante C zu multipliciren.

Also $J = C \cdot \frac{R^2}{r^2}$

C ist in einem Vorversuche mittels der Normalkerze ($J = 1$) zu bestimmen. Demnach $C = \frac{r^2}{R^2}$

Man erhält Gleichheit der Gesichtsfeldhälften nur, wenn die verglichenen Lichtseiten gleiche spectrale Zusammensetzung haben.

Eine völlig gleiche Farbe beider Gesichtsfeldhälften erhält man höchst selten; zum mindesten stört ein leichtes Ueberwiegen von gelbem Ton an der einen Platte. Es gibt eben nur wenige Lichtquellen, die in ihrer Farbe ganz identisch mit dem Benzinlicht sind. Schon bei den Kerzen, dann bei manchen Gasbrennern, beim elektrischen Glüh- und Bogenlicht, dem Auerbrenner, überall begegnet man Schwierigkeiten der Einstellung.

Am Ocular des Apparates ist ein Schieber mit rothem, blauem, grünem Glas angebracht. Nimmt man eine solche Lichtquote heraus, dann gelingt es zumeist, Farbengleichheit zu erzielen, wenigstens bei Roth gelingt der Versuch ziemlich leicht, bei manchen Lichtsorten auch in Grün und Blau; in anderen Fällen gehört einige Uebung und die Vernachlässigung von Farbennuancen dazu, um auf gleiche Helligkeit bei Grün und Blau einzustellen.

Die Anwendung gefärbter Gläser bringt über die eigentlichen Schwierigkeiten nicht hinweg; zwar erhält man mittels eines rothen oder grünen Glases gleiche Färbung der Gesichtsfeldhälften, allein man weiss im Uebrigen nicht, in welchem Verhältnis die rothen oder grünen Strahlen etc. zu den übrigen Spectralbezirken stehen.

Welchen Bruchtheil die rothen etc. Strahlen ausmachen sucht L. Weber dadurch zu erfahren, dass er die Sehschärfebestimmung mit heranzieht.

In den beweglichen Tubus wird eine Milchglasplatte mit sehr feinen Zeichnungen (concentrischen Kreisen) eingeschoben und die Normallichtquelle, mit welcher man den Vergleich anstellen will, so aufgestellt, dass eben gewisse Theile der Zeichnung erkannt werden und die feiner gehaltenen nicht. Es kommt dabei also ganz auf die Individualität des Auges an; hat man die Grenze gefunden, so schiebt man ein rothes Glas vor den Tubus und stellt — ohne Rücksicht auf die Zeichnung — auf gleiche Färbung der Gesichtshälften ein. Das Abstand des Milchglasschirmes vom Benzinlicht sei r_1; dieser repräsentirt die Menge des rothen Lichtes, welches auf die Zeichnungen fiel.

Genau ebenso verfährt man mit einer zweiten Lichtquelle, Gaslicht, elektrischem Licht u. s. w., man schwächt zuerst das Licht, bis eben dieselben Zeichnungen erkannt werden und stellt dann bei rothem etc. Licht auf Farbengleichheit ein. Hatte das untersuchte Licht ebensoviel rothe Strahlen wie das Erstere, so wird $R_1 = r_1$ sein, hatte es weniger, so wird R kleiner als r. Die Quadrate dieser Zahlen geben das umgekehrte Verhältnis der Lichtstärken für Roth.

Pflegt man die Messungen der Lichtstärke nur mit rothem Glase vorzunehmen, also nur die rothen Strahlen zu messen, so muss, wenn Verschiedenheiten im Gehalte vorhanden sind, das Resultat für J noch mit einem Factor multiplicirt werden. Hätte sich z. B. ergeben, dass eine Lichtquelle nur halb so viel rothes Licht enthält als die Vergleichslichtquelle, so müssen bei Messung von rothem Licht die Ergebnisse mit 2 multiplicirt

werden und die Gesammtbeleuchtungskraft der Lichtquelle wäre $R = kJ$, wobei in diesem Falle $k = 2$.

Wenn in einem gegebenen Falle der Abstand des Milchglasschirmes von der Benzinflamme doppelt so gross gemacht werden müsste, wie bei Verwendung einer (anders zusammengesetzten) Lichtquelle, so würde Erstere offenbar nur ¼ rother Strahlen enthalten und der Factor k, mit welchem man die Ergebnisse der Lichtmessung mit vorgesetztem rothem Glase zu multipliciren hätte, wäre daher 4.

Die Bestimmung dieses Factors ist durchaus keine leichte, man muss sehr zahlreiche Ablesungen machen, sorgfältig die Ermüdung der Augen vermeiden, wenn man zu brauchbaren Resultaten kommen will. Im Mittel von etwa 26 Versuchsreihen, in welchem die Normalparaffinkerze mit einem kleinen Argandbrenner und einem Auer'schen Gasglühlicht verglichen wurden, stand die Milchglasplatte von der Benzinflamme ab, wenn eine bestimmte Schraffirung noch erkannt wurde, die nächst feinere aber nicht mehr:

bei der Normalparaffinkerze	87	mm
beim Argandbrenner	94	»
beim Gasglühlicht[1])	120	»

Da die betreffenden Quadrate 7569, 8836, 14400 sich wie 1 : 1,16 : 1,90 verhalten, so sind die letzteren (für mein Auge) die Werthe für die Constante k, falls die Normalkerze zu Grunde gelegt wird.

Späterhin ist eine andere Modification der Constantenbestimmung mittels zweier Platten, welche Photogramme concentrischer Kreise tragen, in Vorschlag gekommen, die eine Platte wird in den feststehenden, die andere in den beweglichen Tubus eingestellt. Erst notirt man den Abstand der Platte in dem beweglichen Tubus, nach dem man nur auf gleiche Grösse der Bilder eingestellt hat. Bei den älteren Photometern erreicht man Bildgleichheit erst bei 250 bis 260 mm Abstand; diese

1) Aus dem Jahre 1886.

Grenze war nicht günstig gewählt, denn die Lichtmenge ist so gering, dass man sehr schwer sichere Resultate erhält. Da man wohl allgemein diesen Uebelstand unangenehm empfand, führen die neuesten Photometer etwas andere Einrichtungen, so dass man etwa bei 200 mm auf gleiche Bildgrösse kommt. Man wählt sodann eine beliebige Beleuchtung mit dem zu prüfenden Licht, so dass bestimmte Kreise im Detail wohl erkannt werden, die feineren aber nicht mehr und stellt für Roth und Grün auf Farbengleichheit ein.

Auch mit dieser Methode hat man seine erheblichen Schwierigkeiten und namentlich ist es für weniger Geübte fast unmöglich, zu gleichen Resultaten zu kommen. Uns will bedünken, man ersetzte die concentrischen Kreise zweckmässiger durch andere Figuren.

Die Constantenbestimmung ist heutzutage für die meisten Beobachter gegenstandslos geworden, seitdem von verschiedenen Beobachtern die Constanten für verschiedene Lichtsorten genauestens bestimmt worden sind und seitdem man gelernt hat, dass die Constanten k in naher Beziehung zu den Quotienten aus den Lichtmengen zweier Spectralbezirke stehen. Durch die Untersuchungen von Macé de Lépinay hat man erfahren, dass sich die Leuchtkraft wesentlich mit den Quotienten $\frac{\text{grünes Licht}}{\text{rothes Licht}}$ ändert.

Würde man auf die jedesmalige besondere Bestimmung des Werthes k angewiesen sein, so würde die Photometrie ungemein erschwert sein. Der Zeitaufwand für solche Messungen ist gross, die Lichtquellen selbst schwanken innerhalb oft mässiger Zwischenräume in der spectralen Zusammensetzung; so dass es schwer sein kann, einen richtigen Mittelwerth für k zu finden.

Einem bestimmten Quotienten für grünes und rothes Licht entspricht, wie erwähnt, ein bestimmter Leuchteffekt. Diese Beziehungen müssen empirisch mit Hilfe einer der bereits genannten Methoden bestimmt werden. Hat man aber für das normale Auge diese Beziehung festgestellt, so kann eine Tabelle

entworfen werden, aus welcher für den Quotienten $\frac{\text{Gr.}}{\text{R.}}$ Licht der dazu gehörige Factor *k*, mit dem man die Anzahl der mit einer rothen Glasplatte gemessenen Lichtquote multipliciren muss, um den gesammten Leuchteffekt zu erfahren, entnommen werden kann.

Man hat also im Allgemeinen nur zwei Ablesungen, eine mit einer rothen, die andere mit einer grünen Glasplatte zu machen, um verschiedenartige Lichtquellen in ihrer Wirkungsart zu vergleichen.

Die Werthe für *k* hat Weber nach Untersuchungen am elektrischen Glühlicht festgestellt[1]), welches bei schwachem Strom sehr viel roth, bei starkem Strom viel gelb, grün u. s. w. liefert, späterhin haben auch noch andere Lichtquellen eine eingehende Prüfung erfahren; für Lichtquellen mit viel grünen und blauen Strahlen wie Bogenlicht, Gasglühlicht, Tageslicht liegen die Constanten vor. Man sollte aber nie vergessen, dass diese Messungen für *k* auf Grund von Sehschärfebestimmungen gewonnen sind, und dass deshalb eine Controlle durch Augen von anderen Eigenschaften nicht unerwünscht wäre. Meine Vergleichungen von verschiedenen Lichtsorten betreffs der Constante *k* weichen von den Weber'schen Mittheilungen nur unwesentlich ab; dies beweist aber noch nicht, dass jede, auch die kleinste Variabilität, ausgeschlossen sei.

Die Messung der Helligkeit einzelner Spectralbezirke hat für die weitere Entwickelung unserer Fragen eine so grosse Bedeutung erlangt, dass ich ein grosses umfangreiches Material, welches ich mit Hilfe des Bunsen'schen Photometers, das für solche Versuche nicht eingerichtet ist, gewonnen hatte, ganz verloren geben musste. Den vollen Werth dieser Messungen werden wir erst im letzten Theil unserer Untersuchungen würdigen lernen. Ich möchte aber doch auf einige Mängel der bisherigen Methode hinweisen, welche beseitigt werden sollten.

1) Elektrotechn. Zeitschr., 1884, April.

Man beobachtet mittels eingeschalteter farbiger Gläser. Ein grosser Uebelstand ist es bei Lichtquellen mit hohem Quotienten $\frac{\text{Gr.}}{\text{R.}}$, dass das grüne Glas offenbar ziemlich viel Blau noch durchlässt, wodurch die Einstellung auf gleiche Helligkeit schwierig wird.

Während verschiedenartige Lichtquellen in ihren Mengen von grünem und rothem Lichte mit Hilfe des Weber'schen Photometers bisweilen ganz leicht zu bestimmen sind, scheinen mir die Ablesungen für Grün bei dem Auer'schen Gasglühlicht nicht völlig einwandsfrei. Die durch das grüne Glas durchtretenden Strahlen des Benzin- und des Auerlichts haben nicht gleiche Farbe, sondern bei dem Auerlicht erscheint das Grün für mein Auge entschieden eine Beimengung von Blau zu besitzen. Die ungleiche Färbung macht aber die Einstellung auf »gleich hell« noch nicht unmöglich.

Das Verhältnis von $\frac{\text{Gr.}}{\text{R.}}$ ist keineswegs für jede Lichtart constant. Selbst bei einfach gebauten Beleuchtungseinrichtungen wie bei den Schnittbrennern, den Argandbrennern, ja selbst bei den Kerzen findet man theils gesetzmässige, theils mehr zufällige Schwankungen dieser Quotienten, welche wichtig für die Messung der Gesammtintensität sind; für einige Fälle mögen in Folgendem einige Angaben gemacht sein.

Tabelle III.

Bezeichnung	Kerzen	Quotient $\frac{\text{Gr.}}{\text{R.}}$	Factor k.
Gasschnittbrenner	0,9—1,3	1,00	1,00
»	4—17	1,04	1,03
Argandbrenner	7—14	1,07	1,05
»	19—37	0,89	0,93
Paraffin	1	1,03	1,02
Stearin	1	1,03	1,02
Talg	1	1,0	1,0
Wachs	1	0,99	1,0

Am schwankendsten sind die Werthe für $\frac{Gr.}{R.}$ bei den elektrischen Glühlampen, je nach der Stärke des Stroms variirt der Quotient von 0,4 bis 1,2, constantere Verhältnisse findet man beim (neueren) Gasglühlicht, 2,2 bis 2,6 waren die äussersten Zahlen. Das Bogenlicht ist dem Gasglühlicht ähnlich; wechselt im Quotient aber häufig in kurzen Zeitintervallen. Den höchsten Werth gab Magnesiumlicht und zwar mit dem Quotienten 2,98. Eine Reihe von weiteren Angaben über diesen Gegenstand findet man im dritten Theile dieser Untersuchungen.

Ich habe mich späterhin fast ausschliesslich der von anderer Seite [1]) mitgetheilten Constanten bedient, mit welchen meine Messungen im Allgemeinen und unter nicht erheblichen Abweichungen übereinstimmten. In allen Angaben über Lichtstärke ist, wenn nichts anders angegeben wird, die Spermacetkerze als Einheit zu Grunde gelegt. [2])

Bei vergleichenden Versuchen, bei denen es auf den grössten Grad der Genauigkeit ankam, habe ich immer denselben Glascylinder für verschiedene Lichtquellen benützt.

Einen sehr erheblichen Einfluss auf die Lichtmenge hat die Beschaffenheit der Lampencylinder; schon mässige Trübungen, die man im täglichen Leben übersieht, äussern sich im Leuchtwerth. Ich bemerke also ein für allemal, dass auf Reinheit und Intaktheit der Glascylinder in allen nachfolgenden Versuchen geachtet wird, und dass diese Reinheit auch bei dem photometrischen Apparat, der ja mit der Zeit einer Verstaubung ausgesetzt ist, wohl am Platze erscheint. Die Milchglasplatten müssen von Zeit zu Zeit sorgfältig gereinigt werden.

Die Weber'sche Methode ist so bequem, das Instrument so leicht und handsam zu gebrauchen, dass ich allmählich die Bunsen'sche Methode ganz verlassen habe. Die einfache Leuchtkraftbestimmung, wozu die Bunsen'sche oder verwandte

---

1) Elektrotechn. Zeitschrift, 1884, S. 166.

2) Die Gesammthelligkeit wird stets bei der Kerzenzahl durch den Zusatz *k. J.* bezeichnet.

Methoden zumeist gebraucht werden, wird im hygienischen Laboratorium selten eine Aufgabe von Wichtigkeit sein; nach allen übrigen Richtungen hin erweist das Weber'sche Instrument seine Ueberlegenheit.

Ich kann aber doch nicht verschweigen, dass man auch mit dem Bunsen'schen Photometer immerhin, selbst in schwierigen Fällen, der Untersuchung noch zu Resultaten kommt. Da ich einige solche Paralleluntersuchungen angestellt habe, mögen dieselben hier erwähnt sein.

Die Bunsen'sche und die Weber'sche Methode sind in ihren eigentlichen Grundlagen etwas different.

Die Erstere bestimmt gleiche Intensität zweier Lichtquellen, die Letztere gleiche Lichtmengen, insoweit sie gleiche Sehschärfe zu erzeugen vermögen. Vielfach decken sich also offenbar die Ergebnisse, doch keineswegs in allen Fällen. Denn bei gleicher Lichtintensität kann der Beleuchtungswerth ein verschiedener sein. M. Lépinay, v. Nicati, Crova und Lagarde haben bei Untersuchung der Farben eines Spectrums gezeigt, dass man, um gleiche Sehschärfe zu erreichen, bedeutend grösserer Mengen rothen als blauen Lichtes bedarf. Je mehr also blaues Licht überwiegt, umsomehr werden die Ergebnisse der Gesammtintensität und des Beleuchtungswerthes differiren.

Ein Paar Vergleiche der Bunsen'schen Methode mit der Weber'schen mögen erwähnt sein.

Zu den Messungen diente die Normalparaffinkerze bei 50 mm Flammenhöhe. Als dieselbe mit dem Weber'schen Photometer gemessen wurde, fand sich die Paraffinkerze = 1,03 Spermacetkerzen. Violle gibt das Verhältnis von einer deutschen Vereinskerze = 1,13 Spermacetkerzen, indess Schilling die erstere = 0,977 Spermacetkerzen nimmt. Der Werth 1,03 liegt etwa inmitten; übrigens handelt es sich hierbei zunächst nicht um die absoluten Werthe, sondern um eine Vergleichung der beiden Methoden, wozu nur die Kenntnis der relativen Werthe von Bedeutung ist.

Bei Messung einer kleinen Petroleumlampe wurden folgende Werthe gefunden.

Lichtstärke nach Bunsen in Paraffinkerzen		Lichtstärke nach[1]) L. Weber in Spermacetkerzen		Differenz
5,6 . . .	5,00	5,55 . . .	5,01	+ 0,8
5,3 . . .		5,26 . . .		+ 0,8
4,5 . . .		4,39 . . .		+ 2,4
4,6 . . .		4,88 . . .		— 5,7

Demnach sind im Mittel 5,00 Spermacetkerzen = 5,00 Paraffinkerzen gefunden, da aber 1 Paraffinkerze = 1,03 Spermacetkerzen entsprach, so wäre das Verhältnis bei der Lichtmessmethode in diesem Falle

5,17 (Weber) : 5,00 (Bunsen) = + 3,2 %.

Die Werthe nach Weber sind etwas höher.

Ich habe später das Licht einer anderen Petroleumlampe in ähnlicher Weise untersucht.

Die Lampe lieferte 7,50 Kerzen nach Bunsen und sollte nach Weber $\frac{7{,}50}{1{,}242}$ = 6,03 Kerzen liefern. Den Quotienten $\frac{Gr.}{R.}$ fand ich zu 0,92, was also für $k = 0{,}95$ entspricht. Direct war somit, da dieser Werth mit dem der Paraffinkerze identisch ist, keine weitere Correctur benöthigt. Nach Weber wurden für R beobachtet 5,79; der Werth nach Bunsen war zu hoch um 4,1 %.

Am wichtigsten erschien der Vergleich der Methoden hinsichtlich der Messung des bogenlichtähnlichen Auer'schen Gasglühlichtes. Trotz der grossen Schwierigkeiten der Einstellung konnten nach längerer Uebung doch gleichmässige Resultate erhalten werden; ob dieselben aber nicht einen einheitlichen Fehler aufwiesen, konnte nicht mit aller Bestimmtheit ausgeschlossen werden.

Am 2. October 1886 wurde als Lichtstärke eines Gasglühlichts nach Bunsen 13,0 Kerzen gemessen = 10,47 nach Weber.

Gefunden wurde mit dem Weber'schen Photometer 4,93 Kerzen R (11,24 grün), da k zu 2,08 zu nehmen war, so war die Lichtstärke = 10,27.

1) $k = 0{,}95$.

Am 5. October 1886 wurde ein Gasglühlicht von 11,2 Kerzenhelligkeit nach Bunsen untersucht = 9,92 Kerzen nach Weber; bei dem Versuch erhielt man 5,60 Kerzen (*R*). Da hier die Constante *k* nicht direct eruirt worden war wie im vorherigen Versuche, kann man für *k* das Mittel aller Messungen für diesen Werth mit 1,90 zu Grunde legen. Es wird also 5,60 × 1,90 = 10,64 also etwas zu hoch, während bisher die Angaben und Berechnungen des Weber'schen Photometers kleiner waren. Die Differenz ist — 6,8.

Im Mittel ergibt sich für das Gasglühlicht:

Berechnet aus der Bestimmung nach Bunsen	Mittel	Werth für *R*	$k \cdot J$	Mittel
10,47	10,19	4,93	10,27	10,45
9,92		5,60	16,64	

eine Differenz von + 2,5%, so dass also die Bunsen'sche Methode bei ausreichender Uebung immerhin für die Lichtmessung als eine zulässige erscheint.

Der Bunsen'sche Photometer ist schon in der ersten Zeit seiner Entstehung auch für die elektrische Photometrie verwandt worden; Casselmann benützte dasselbe zur Messung der Lichtstärke des Bogenlichts.[1])

Auch späterhin hat man bei verwandten Lichtmessungsmethoden die Grundlagen des Bunsen'schen Photometers beibehalten.

Die Resultate der Lichtmessungen fallen sehr ungleich aus je nach der Neigung der Lampe zu dem Photometer; wenn wir uns die von einer Lichtquelle ausgestrahlte Helligkeit auf eine die Lichtquelle in einiger Entfernung umgebende Kugel vertheilt denken, erhalten die einzelnen Oberflächenantheile wechselnde Lichtmengen. Kennt man die nach allen Richtungen des Raumes strahlende Helligkeit, so kann man diesen Werth als mittlere, räumliche Intensität bezeichnen. Fontaine, der sich zuerst eingehend mit Letzterer beschäftigte, glaubte für die Bogen-

1) Inauguraldissertation, Marburg 1843.

lampe einer Gleichstrommaschine gefunden zu haben, dass man zur Berechnung der räumlichen Intensität die in horizontaler Richtung ausgestrahlte Lichtmenge mit 2 zu multipliciren habe. Leider hat sich die Fontain'sche Regel nicht bestätigt. In vielen Fällen erwies sich die räumliche Intensität gleich der horizontalen, wie z. B. bei manchen Bogenlampen von Serrin, Maxim, Gramme, Brush u. A., selten ist sie grösser und kleiner.

Vor den Erfahrungen der elektrotechnischen Photometrie hat man weniger auf diese Beziehungen der Ausstrahlung in verschiedenen Richtungen hin geachtet.

Für meine Untersuchungen konnte ich zumeist die Feststellung der räumlichen Intensitäten entbehren, da es in erster Linie auf den Vergleich zwischen Licht und Wärme ankam. In einigen Fällen, in denen die Frage eine gewisse Wichtigkeit beanspruchen kann, wurde die Strahlung nach verschiedenen Richtungen hin gemessen und daraus die räumliche Lichtintensität abgeleitet.

Die Messung der Wärmestrahlung.

Ich habe bereits in der vorhergehenden Abhandlung eine Reihe von Vorzügen der Messungen mittels thermoëlektrischer Apparate hervorgehoben; und da ich mich dieser Methode auch für die folgenden Untersuchungen bediente, kann ich mich betreffs dieses Theils sehr kurz fassen.

Anfänglich stand mir nur ein Thermomultiplicator zur Verfügung, mit dem ich den grössten Theil meiner Untersuchungen, wenigstens soweit ein vorläufiger Ueberblick es erheischt, beendete. Späterhin benützte ich eine feine Wiedemann'sche Bussole in Verbindung mit der Thermosäule, welche 3 bis 4 mal so grosse Ausschläge gab wie der Thermomultiplicator.

Für die hier ausgeführten Versuche verwendete ich ein ähnliches Galvanometer nach Edelmann, das noch erheblich empfindlicher war als das vorgenannte. Ich werde das erste Galvanometer mit A, das zweite mit B bezeichnen. Dieses Galvanometer ist in seinen wesentlichen Theilen mit dem kleinen Wiedemann'schen Galvanometer, wie er in der Edelmann'schen

Verbesserung a. a. O. beschrieben ist, identisch[1]). Der Kugeldämpfer ist kleiner wie bei meinem Galvanometer A. Die Aufhängung des Spiegels ist die bekannte; der Spiegel ohne Fassung hat 3 Durchbohrungen, in welchen die Häckchen des Glockenmagnets und die an den Coconfäden befestigten Hacken eingefügt werden.

Der Galvanometer und die Thermosäule standen auf einer Sandstein- bzw. Schieferplatte, welche in die Mauer eingelassen war. Nicht direct damit in Verbindung, aber anschliessend daran, sind an der Wandung des Zimmers etwa 2,5 m lange Holzschienen befestigt. Auf ihnen gleitet eingefalzt ein kleiner Schlitten, auf welchem das zu untersuchende Objekt gestellt wird. An einer der Schienen befindet sich eine Millimetertheilung und ein von dem Schlitten herabreichender Zeiger gibt die Entfernung von den berussten Elementen der Thermosäule an.

An dem Schlitten ist weiters vertical ein Holzschirm angebracht, welcher mit verschiedenen Diaphragmen versehen werden kann, wenn es sich um die Untersuchungen von Theilen eines Leuchtkörpers handelt. Der Schirm kann auch ganz abgenommen werden zum Zwecke freier Ausstrahlung. An Stelle des Schlittens tritt in manchen Versuchen eine Drehscheibe aus Holz.

Die Apparate sind in dem Dunkelzimmer des Instituts aufgestellt; sowohl Thermosäule und Multiplicator, wie auch das Galvanometer wurde häufig auf den Grad der Empfindlichkeit geprüft, indem die Ausstrahlung einer auf bestimmte Temperatur erhitzten Glaskugel (mit Quecksilberfüllung) gemessen wurde. Die hierauf bezüglichen Angaben finden sich bereits früher berichtet.[2])

Da es sich im Folgenden um die Frage handelt, ob die Beleuchtungsmaterialien bei gleicher Helligkeit eine un-

1) Elektrotechn. Zeitschrift, 1890, Heft 51.

2) Die Controlle, ob der Galvanometermagnet frei schwinge, übt man am besten durch Aufstellung einer kleinen Magnetnadel neben dem Galvanometer; man lässt die erstere schwingen. Der Glockenmagnet muss gleichmässig die Bewegungen mitmachen. Um die Gesammtleistung zu prüfen, verwendete ich die Amylacetatlampe, welche ausserordentlich gleichmässige Ausstrahlung besitzt.

gleiche Menge strahlender Wärme emittiren, so wurden im Allgemeinen nach vorhergegangener Lichtmessung die Leuchtmaterialien in solcher Entfernung von der Thermosäule aufgestellt, dass die Lichtmengen in jedem Fall dieselben waren.[1])

Es setzt dies aber immer dier Wahl einer bestimmten Einheit, von welcher man ausgehen will, voraus.

Als diese Einheit wählte ich anfänglich die Lichtmenge, welche von der Normalkerze (Paraffin) in einer Entfernung von 33,3 cm auf die Thermosäule geworfen wurde. Wenn es sich also in einem gegebenen Falle um eine Lichtquelle handelte, welche 4 Kerzen Helligkeit besass und auf ihre Wärmestrahlung geprüft werden sollte, so wäre dieselbe in der doppelten Entfernung der Normalkerze aufzustellen gewesen, und eine Lichtquelle mit 9 Kerzen in der dreifachen Entfernung u. s. w.

Ich habe dies aber keineswegs immer durchführen können, sondern die Lichtquellen wurden, um eine grössere Genauigkeit zu erhalten, auch vielfach der Thermosäule näher gerückt, um die Ausschläge nicht zu klein werden zu lassen.

Doch muss dabei wesentlich in Betracht gezogen werden, dass nicht etwa Lichtquellen, welche nicht mehr als punktförmige gelten können, zu nahe der Thermosäule Aufstellung finden.

Die Leuchtkraft wie die Intensität der strahlenden Wärme hängen wesentlich ab sowohl von dem Winkel, unter welchem die Strahlen auf eine Fläche treffen, als auch von dem Winkel, unter welchem sie eine leuchtende Fläche oder einen leuchtenden Punkt verlassen. Sie ändern sich mit dem Cosinus des Ausstrahlungs- und Auffallswinkels.

Wenn daher eine Flamme wie ein Argandbrenner zu nahe heranrückt an die Thermosäule, so ändert sich für den Fusspunkt und das obere Ende der Flamme Ausstrahlungs- und Auffallswinkel nicht unwesentlich und die Wirksamkeit der Flamme wird zu gering bemessen; z. B. gab ein Argandlicht von 120 mm Höhe folgenden Ausschlag an einem Galvanometer:

bei 127,3 cm Entfernung 134,7 Theilstriche
» 63,6 » » 480,0 »

1) S. mein Lehrbuch, 3. Aufl.

Es hätten aber in letzterem Falle, da die Entfernung ½ war, viermal so grosse Werthe d. h. 539° erhalten werden sollen; sie blieben demnach um 11% hinter den berechneten zurück.

Bei Reduction der Argandflamme auf 60 mm Höhe ergab dann der gleiche Versuch

bei 127,2 cm	Entfernung	82°	Ablenkung
» 63,6 »	»	337°	»

während die Berechnung 4 × 82 = 328 forderte.

Ebenso verhielt es sich bei einer Petroleumlampe, welche in verschiedener Entfernung zur Thermosäule gestellt wurde.

Abstand der Flamme	Ausschlag direct bestimmt	berechnet
38,5 cm	114,0	(114,0)
77,5	28,2	28,5
107,5	14,6	14,5

Da die Petroleumflamme constanter zu sein pflegt als die Gasflammen, sehen wir hier also vollkommene Uebereinstimmung, wie sie aus den Gesetzen[1]) für die strahlende Wärme gefolgert werden muss. Wenn daher in den folgenden Versuchsreihen die Berechnung auf Grund dieses Gesetzes vielfach durchgeführt ist, um festzustellen, wie gross der Ausschlag gewesen wäre, wenn die untersuchte Lichtquelle sich um so viel von der Thermosäule entfernt befunden hätte, um nur die Lichtmenge von einer Kerze auf die Thermosäule gelangen zu lassen, so ist dieses Verfahren vollkommen zulässig, da auf Ausschluss etwaiger Fehlerquellen Bedacht genommen wurde.

Noch eines Umstandes sei hierbei gedacht. Die Quelle des Lichtes ist die Flamme selbst; Quellen strahlender Wärme sind aber auch ausserdem die festen Bestandtheile der Lampenbrenner, Cylinder und zum Theil auch die heissen Verbrennungsgase. Da die vorher mitgetheilten Zahlen sich auf die freistehende Argandlampe etc. beziehen, so ist also dieser Einwand schon mitberücksichtigt.

1) S. auch die vorhergehende Abhandlung.

Nach beendigter Ablesung des Galvanometers oder Multiplicators wurde jedes Mal die Lichtstärke am Photometer nochmals controllirt.

Handelt es sich um die Untersuchung der Wärmestrahlung kleiner, allmählich wachsender Lichtquellen, wie z. B. eines Schnittbrenners, dem mehr und mehr Gas zugeführt wird, so blieb eine solche Licht- und Wärmequelle bisweilen in derselben Entfernung von der Thermosäule und die zu starken Ausschläge wurden durch Abrücken der Kupferdrahtrollen von dem Dämpfer herabgedrückt. Man ist aber in der Anwendungsweise dieses Hilfsmittels sehr beschränkt, weil man ja grosse Leuchtflächen der Thermosäule nicht allzusehr nähern darf, wenn alle Strahlen gut auf die Thermoëlemente vereinigt werden sollen.

Wenn man ein Bunsenphotometer anwendet, ist es gar nicht zu umgehen, dass die betreffenden Lichtquellen, welche gemessen sind, nach dem Apparat für die Bestimmung der der Wärmestrahlung gebracht werden müssen. Dieser Umstand ist höchst unbequem und bringt bei Leuchtgasschnitt- und Argandbrennern gewisse Fehler mit sich. Auch dieser Umstand führte dazu, die Weber'sche Methode der Lichtmessung zu bevorzugen, welche die Lichtmessung an Ort und Stelle, wo die Strahlungsmessung vorgenommen wurde, auszuführen gestattete. Da man nicht jede Leuchtflamme beliebig in allen Radien einer Horizontalebene photometriren darf, so wurde selbstverständlich auf diesen Punkt ausreichend Bedacht genommen. Ich habe mir auf dem in Holzleisten beweglichen Schlitten eine hölzerne, in einem Zapfen drehbare Scheibe befestigen lassen, welche Marken besass, um ihr eine beliebige, aber genau fixirte Drehung zu Theil werden lassen zu können.

Die Strahlungsgrössen sind fast durchgängig auf die einheitliche Entfernung von 37,5 cm von der Säule ab zurückgeführt. Der wirkliche Abstand der Lichtquellen war aber, wie erwähnt, ein davon sehr verschiedener und je nach der Wärmequelle wechselnder. Bestimmend für den Abstand bei der Messung ist einzig und allein der Umstand, dass eine vollständige Vereinigung aller Strahlung auf die Fläche

der Thermoëlemente eintritt. Ebenso muss unbedingt durch eine Probung der Stellung des Trichters, bei grösserer Entfernung der Lichtquelle von der Säule durch verschiedene Stellung der Lichtquellen selbst durch eine Vorprobe festgestellt werden, wo man den maximalsten Ausschlag des Galvanometers erhält.

Man könnte die Frage, auf welche Entfernung die Ausstrahlung unserer Lichtsorten berechnet werden soll, zum Gegenstand einer besonderen Besprechung machen. Die genannte Entfernung von 37,5 cm habe ich gewählt und späterhin beibehalten, weil sich dann, wie ich gesehen habe, die Strahlungswerthe pro 1 Minute und 1 qcm leicht in ganzen Zahlen und in Mikrocalorien ausdrücken lassen. Anscheinend möchte man vielleicht einen Abstand von 28,22 cm gleichfalls als rationell bezeichnen, weil man dann für $4\, r^2 \pi$ die für die weitere Rechnung bequeme Zahl 10000 erhält. Würden nicht die Zahlen so sehr klein, so würde sich allenfalls empfehlen in Analogie mit der Meterkerze die Wärmestrahlungen pro 1 m Entfernung von dem Kerzenmaterial zu berechnen und diese als Meterkerzenstrahlung zu bezeichnen.

Die Versuche wurden sämmtlich bei mittlerer Zimmertemperatur angestellt, welche um wenige Grade zu schwanken pflegte.

Im Allgemeinen wird man nur empfehlen können, im ungeheizten Zimmer zu experimentiren; soweit Versuche im Winter zur Durchführung kamen, liess ich das Zimmer während der Nacht heizen und gegen die Arbeitsstunden hin das Feuer ausgehen. Man hat dann auf Stunden hinaus eine gute abgeglichene Wärme, vorausgesetzt, dass die Wandungen aus dicken Steinmauern bestehen und der Ofen aus Kacheln und nicht aus Eisen besteht.

Ich habe in der vorhergehenden Abhandlung die Aichung meiner Messapparate nach absolutem Maasse mitgetheilt; die Apparate, deren ich mich im Laufe der Jahre bediente, waren, wie schon erwähnt, verschiedene. Anfänglich erlaubten die Mittel des Instituts nichts anderes als die Beschaffung eines

Thermomultiplicators, späterhin benützte ich empfindlichere Instrumente. Die Angaben dieser Apparate lassen sich aber alle gut miteinander vergleichen, weil ich die Instrumente nach einheitlichem Maasssystem graduirt habe. So scharf wie mittels der Bussolenbeobachtung können naturgemäss die Multiplicatorbeobachtungen nie werden, weil die Ablesungen einen Fehler von 1 bis 0,5° ja nicht ausschliessen.

Die Aichungszahlen meiner Instrumente, wie sie im Folgenden verwendet werden, sind die nachstehenden.

	Grammcalorien pro 1 qcm Fläche u. 1 Min. für 1° Ausschlag:
beim Multiplicator	0,000722
» Galvanometer A	0,000201
» » B	0,0000961

Alle Messungen, bei welchen die absoluten Werthe der Wärmestrahlung von Bedeutung sind, wurden sie auf Grund der oben angeführten Zahlen berechnet und zwar stets für die Entfernung von 37,5 cm von der Thermosäule. Da die Zahlen für die Wärmestrahlungen nach absolutem Maasse sehr klein sind, wenn sie nach Grammcalorien ausgedrückt werden, werde ich, um die Uebersichtlichkeit zu erleichtern und Irrungen zu verhindern, mich auch der Mikrocalorien als Einheit bedienen. Hierunter hat man nach A. Fick, der diese Bezeichnung meines Wissens zuerst eingeführt hat, jene Wärmemenge zu verstehen, welche hinreicht, die Temperatur eines Milligrammes Wasser von 0° auf 1° C. zu erhöhen. In abgekürzter Schreibweise mögen dieselben als M.-Cal. bezeichnet werden.[1])

Das Gebiet der Prüfung der Wärmestrahlung ist ein ausserordentlich grosses und es ist mir als Einzelnen nicht möglich, alle hier interessirenden Fragen gleich mit einem Schlage zu erledigen. Trotz der Fülle des Materials, welche in den nachfolgenden Versuchen niedergelegt ist, wird ausserordentlich viel noch den späteren Bemühungen Anderer überlassen bleiben.

1) Myothermische Untersuchungen von A. Fick, 1889, S. 104.

Doch glaube ich, die wesentlichen Beziehungen zwischen dem Licht und der ausgestrahlten Wärme berührt zu haben.

In erster Linie werden die Ergebnisse an einzelnen Beleuchtungseinrichtungen berichtet werden: wie Kerzenlicht, Gaslicht, Petroleum, elektrischem Licht. An diese Befunde werden sich dann eine Reihe allgemeiner Betrachtungen anschliessen.

Untersuchungs-Ergebnisse.

Kerzenbeleuchtung.

Die Leuchtstoffe der Kerzen stehen sich ihrer chemischen Zusammensetzung nach ziemlich nahe; trotzdem ist nicht zu verkennen, dass ihr Vermögen, Licht zu erzeugen, gewisse Unterschiede aufweist. Die ungleiche Composition der Flammen verräth sich auch durch die Ungleichheit der spectralen Zusammensetzung. Die specifische Strahlung hängt sicherlich und wie wir bereits oben angedeutet, nicht einzig und allein mit der Natur der Leuchtstoffe an sich zusammen.

Die Kerzen sind äusserst unbeständige Lichtquellen, welche Helligkeit und Consum in den allerkürzesten Zeiten ändern. Diese Schwankungen hat man bisher in der Photometrie in unangenehmster Weise empfunden [1]); ich habe mich bei Ausmessung der Strahlung nicht ausschliesslich von der Flammenhöhe, sondern von der direct gemessenen Helligkeit leiten lassen; als photometrische Einheit habe ich bei dem Kerzenmaterial mehrfach unsere deutsche Normalparaffin-Einheit mit 50 mm Flammenhöhe zu Grunde gelegt.

Als Lichtquellen haben die Kerzen heutzutage wenig Bedeutung; ich konnte aber auf die Vergleichung einzelner Kerzensorten umso weniger verzichten, als sie für einige Beziehungen zwischen Licht und Wärme ein sehr schätzenswerthes Versuchsobject sind. Ich habe Paraffin-, Stearinsäure-, Talg- und Wachskerzen geprüft. Diese verschiedenen Kerzenmaterialien haben eine verschiedene Leuchtkraft. Die Gewichtsbestimmungen machte ich auf einer 0,05 g noch genau angebenden Waage. An gewissen

1) Krüss, Photometrie, S. 102 ff.

Ungenauigkeiten leiden diese Bestimmungen im Allgemeinen deshalb, weil man zumeist genöthigt ist, während längerer Zeit die Kerze in Brand zu halten, wobei nicht unerhebliche Schwankungen der Flammenhöhe unvermeidlich sind.

Von Karmarsch und Bolley wird folgendes Verhältnis der Leuchtkraft angegeben.

	Karmarsch	Bolley	Rubner
Wachs	100	100	100
Stearin	97,9	84—1	85,8
Talg	90,5	90—0	86,8
Paraffin	148,6	84—124	111,5

Mit diesen Zahlen stimmen auch die meinen ausreichend überein; ich habe sie den andern Ergebnissen gleich beigefügt. Bei diesen Vergleichungen muss man aber stets im Auge behalten, dass nicht etwa Kerzen sehr verschiedener Grösse und Helligkeit verglichen werden. Kerzen von grosser Flammenstärke verzehren weniger Material als kleinere Flammen, wenn der Consum für eine Kerze Helligkeit berechnet wird.

Für eine Kerze Helligkeit berechnet wurde verzehrt

	Gramm f. d. Stunde	Ges.-Verbr.-Wärme	Cal. f. d. nat. V.-Wärme
v. d. Paraffinkerze[1]	7,43	78,90	73,48
„ käufl. Stearinkerze[1] . .	9,61	88,20	82,18
„ Wachskerze[2] . .	8,22	—	—
„ Talglicht[2] . . .	9,55	83,27	77,45

Verhält sich nun die Wärmestrahlung der Kerzen in ähnlichem Grade verschieden wie ihre Gesammtwärmeproduction bei der Verbrennung?

a) Die Normalparaffinkerze.

Mit der Normalparaffinkerze wurden bei normalem Consum folgende Versuche angestellt, welche in der Tabelle eingetragen und auf 33,3 cm Entfernung von der Thermosäule berechnet sind.

1) Bei ungestörtem Brand.
2) Bei Störung durch den Docht geputzt.

Tabelle IV.

Deutsche Normalkerze. 50 mm Flammenhöhe.

Versuchsreihe	Abstand der Kerzen von der Thermosäule	Ausschlag in ° pro 30 Sec.	Ausschläge auf den Abstand von 33,3 cm ber.	Ausschläge im Mittel	Ausschläge für den Gleichgew.-zustand
1.	33,3 cm	11,3	11,3	11,70	13,34
2.	33,3 »	11,0	11,0		
3.	33,3 »	12,8	12,8		
4.	33,3 »	11,7	11,7		
5.	23,3 »	23,4	11,1	11,86	13,52
6.	23,3 »	25,6	12,1		
7.	23,3 »	23,7	11,2		
8.	23,3 »	27,2	12,8		
9.	23,3 »	25,2	11,9		

Sie ergeben einen Ausschlag des Multiplicators im Mittel von 13,43°.

Es muss dabei aber auf eine möglichst gleichmässige Flammenhöhe gesehen werden. Im Mittel mehrerer Versuche, während welcher die Paraffinkerze bedeutend in ihrer Höhe schwankte, ergaben sich folgende Zahlen:

Flammenhöhe in mm	Multiplicator
46	23
50	27
57	32

Die Flammenhöhe schwankte um 24%, die Ausstrahlung um 38%. Eine andere solche Reihe stellte ich October 1894 an. Es war die

Flammenhöhe	Strahlung
33.3	103,6
42.0	123.0
50.0	172,7
54.0	182,0
58.0	192.0

Die gleiche Flammenhöhe erzeugte bei sehr grossen Flammen oft nicht immer den gleichen Ausschlag des Galvanometers, weil die Flammen sich manchmal sehr fein zuspitzen, manchmal eine

plumpere, mehr glühende Kohlenpartikelchen einschliessende Form annehmen.

b) Die Stearinkerze.

Zu den Versuchen wurde die Münchner Stearinkerze, welche früher vielfach als Lichteinheit Verwendung fand, benützt. Auch dabei musste die Flammenhöhe sorgfältig regulirt werden. Am 22. December 1886 wurde gemessen:

Flammenhöhe in mm	Multiplicator
40	20
48	25
55	28
60	31

Es verhielten sich also die Flammenhöhen wie 100 : 120 : 137,5 : 150, und die Ausstrahlungen wie 100 : 125 : 140 : 150.

In anderen Fällen dagegen zeigte sich zwar wieder mit dem Wechsel der Flammenhöhe eine wechselnde Ausstrahlung, ohne dass eine directe Proportionalität vorlag. Ich habe schon oben erwähnt, dass für den Effect der Ausstrahlung auch die Basisbreite der Flamme erheblich in Betracht kommt.

Auf denselben Abstand von der Thermosäule und für 52 mm Flammenhöhe[1]) betrug der Ausschlag einer Stearinkerze 14,10°.

c) Wachs- und Talgkerzen.

Die Wachskerze machte für eine zuverlässige Messung noch weit mehr Schwierigkeiten wie die Stearinkerzen; die in zwei Reihen für 50 mm Flammenhöhe erhaltenen Werthe betrugen 16,30—15,62° des Multiplicators, also im Mittel 15,96°.

Eine grosse, sehr dicke Wachskerze mit einem Consum von 5 g Wachs pro Stunde gab wesentlich geringeren Werth für die Ausstrahlung, nämlich 11,4° pro 1 Kerze.

Ein gewöhnliches Talglicht lieferte bei 1,15 Normalkerzenhelligkeit und bei kurzem Dochte und 50 mm Höhe 12,99—13,63° Ausschlag, im Mittel also 13,3° für 1 Kerze Helligkeit.

1) Es ist dies auch die für photometrische Zwecke vorgeschriebene Flammenhöhe.

Vergleicht man die Wärmebildung bei den Flammen mit ihrer Strahlung, so findet sich folgendes Verhältnis:

	Gesammtwärme pro 1 St. u. 1 Kerze Helligkeit	Natürliche Verbrennungswärme	Strahlung in ° des Multiplicat.
Wachskerze . .	(85,0)	(?)	15,96
Paraffin . . .	78,9	73,5	13,40
Talg	83,3	77,4	13,30
Stearinkerze .	88,2	82,2	14,10

Ein strenger Zusammenhang zwischen Gesammtwärmeproduction oder natürlicher Verbrennungswärme und Strahlung besteht sonach nicht.

Bei den Messungen waren mir manchmal schwer erklärliche Ungleichheiten der Strahlung aufgefallen. Da ich die Ursache solcher mit den einfacheren Messmitteln der Wärme nicht aufzudecken vermochte oder doch wenigstens nicht genauer verfolgen konnte, habe ich neben der Messung des Lichts mit dem Weber'schen Photometer und der Messung der Flammenhöhe mit einem dem jetzt in Gebrauch befindlichen optischen Flammenmaass ähnlich gebauten Apparat zugleich die Ausstrahlung mittelst einer Wiedemann'schen Bussole, welche die dreifache Empfindlichkeit des Multiplicators hatte, untersucht.

Bei diesen Versuchen ergab sich, dass der Docht und seine Vertheilung und Richtung in der Flamme die Ausstrahlungswerthe wesentlich modificirt, und dass vergleichbare Resultate wie in dem Vorstehenden nur bei peinlicher Einhaltung eines bestimmten Verhältnisses zwischen Dochthöhe und Flamme sich ergeben.

Einfluss des Dochtes auf die Ausstrahlung.

Am hervorragendsten ist der Einfluss des Dochtes bei den Talglichtern, da er bei diesen einen grossen Theil des Binnenraumes der Flamme einnimmt.

Folgendes waren die Ergebnisse einer Versuchsreihe:

Lichtstärke in Spermacetkerzen für rothes Licht	Ausschlag des Galvanometers	Für 1 Kerze Helligkeit berechneter Ausschlag
0,49	77,5°	159°
0,64	75,0°	117°
0,76	73,5°	96°
0,90	70,0°	77°
1,02	54,0°	53°

Besonders bemerkenswerth ist in der Reihe, dass gerade bei geringster Helligkeit der Docht den grössten Theil der Flamme erfüllte und dabei in absoluter Zahl die Ausstrahlung der Talgkerze am bedeutendsten war. Durch das Kürzen des Dochtes steigt plötzlich die Lichtstärke auf 1,02 und darüber und der absolute Werth der Ausstrahlung nimmt ab. Die Ausstrahlung einer Flamme ist also aus zwei Factoren zusammengesetzt — einerseits aus der Ausstrahlung der Gasmasse und andererseits der Ausstrahlung des festen hocherhitzten Dochtes. Bald überwiegt der eine, bald der andere Factor.

Selbst die Stellung des Dochtes in der Flamme beeinflusst die Ausstrahlung. Ich habe die letztere gemessen unter folgenden drei Stellungen.

Docht nach der Thermosäule zu geneigt	Docht von der Thermosäule weg gerichtet	Docht nach der Seite gerichtet
80°	73°	76°
= 110°	= 100°	= 104°

Die Schwankungen betrugen also bis zu 10%.

Die Stearinkerze zeigte sich bezüglich der Beeinflussung der Ausstrahlung nach verschiedenen horizontalen Richtungen weniger vom Dochte abhängig als die Talgkerze mit ihrer grösseren Dochtmasse. Es fand sich:

Docht nach der Thermosäule zu geneigt	Docht von der Thermosäule weg gerichtet	Docht nach der Seite gerichtet
61°	58°	60°
= 105°	= 100°	= 103°

Hier treten also nur die Differenzen bis zu 5% auf und noch geringer dürfte der Unterschied für die mit dünnerem Dochte versehenen Paraffinkerzen sein, deren Untersuchung ich unterliess.

Die Wirkung des Dochtes tritt übrigens nur dann stark hervor, wenn die Kerzen ungünstig brennen, besonders bei den Talg- aber auch bei den Wachskerzen, weniger bei den Stearin- und Paraffinkerzen; da durchgängig bereits in den oben mitgetheilten Versuchen auf eine gut ausgebildete Leuchtflamme geachtet wurde, dürften wesentliche Fehler nicht entstanden sein. Zur endgiltigen Vergleichung mögen in folgender Tabelle noch eine grössere Anzahl von Messungen über die Beziehung der Wärmestrahlung gegeben werden.

Tabelle V.

Leuchtmaterial	Helligkeit in Spermacetkerzen für rothes Licht	Galvanometer-Ausschlag bei 37,5 cm Abstand	Für 1 Kerzenhelligkeit beträgt der Ausschlag
Normalparaffinkerze	1,06	59	53,7
	1,18	58	48,3
	1,21	62	51,6
	1,20	58	48,3
Münchener Stearinkerze	0,976[1])	60,0	61,5
	1,225	65	53,0
	1,278	63	49,0
	1,458	73	50,0
Wachskerze	0,855[3])	51	59,6
	0,944	63	63,2
	0,941	59	62,0
	0,924	44	47,6[2])
	1,218	—	61,5[4])
	(1,622)	(69)	(43,1)[5])
Talglicht	0,90	70,0	77
	1,02	54,0	53
	1,11	58,0	52

1) und 3) Der Quotient = 1.
2) Der Docht möglichst klein gemacht.
4) Eine grosse Wachskerze.
5) Andere Kerze = 128,7° d. Galvan. B.

Die Kerzen geben durchschnittlich eine Normalkerzen-Helligkeit oder doch eine von dieser wenig differente Grösse. Zu einem unmittelbaren Vergleich eignen sich die Ergebnisse noch nicht. Es ist zu berücksichtigen, dass die Quotienten der Kerzen keineswegs immer = 1, d. h. mit der Benzinlampe identisch sind. Wie schon früher bemerkt, wechseln dieselben, man kann für die vorliegenden Zahlen folgende Werthe zu Grunde legen; für

Stearin	1,03
Paraffin	1,03
Talglicht	1,00
Wachs	0,99.

Von den Messungen sollen diejenigen zu Grunde gelegt werden, welche bei einer Helligkeit nahe der Normalkerze gemacht wurden;[1]) für 1 Kerze berechnet.

Tabelle VI.

Art des Materials	Strahlung für 1 Kerze roth	Strahlung pro Kerze k. J. in Sc.-Theilen[2])
Paraffin	50,5	49,5
Stearin	54,5	53,4
Talg	52,5	52,5
Wachs	61,5	61,5

Die einzelnen Kerzen unterscheiden sich also nicht unerheblich im Wärmestrahlungsvermögen; die Wachskerze strahlt um 24% mehr aus als die Paraffinkerze, die Talg- und Stearinkerze sind weniger verschieden, aber different von der Paraffinkerze.

Für die Ausstrahlung kommt jedenfalls die specifische Eigenthümlichkeit der Flamme in Betracht; Unterschiede zeigen sich in der chemischen Zusammensetzung des Leuchtmateriales.

1) Bei Paraffin beobachtet bei 1,18 Kerzen, bei Stearin 1,15, bei Talg 1,07, bei Wachs 1,21 Kerzen.

2) Galvanometer A.

Es beträgt der C-Gehalt bei der

Stearinkerze . . .	76,3
Talg	74,0
Paraffin	83,9
Wachs	81,8[1])

Wichtig sind jedenfalls der Einfluss des Dochtes und die Beziehung desselben zur Flammenbildung. Im Einzelnen diese Umstände zu erörtern ist nicht wohl möglich.

Bei der geringen praktischen Bedeutung, welche die Kerzen haben, fand ich mich zu weiterer Anstellung von Versuchen nicht veranlasst.

Will man die Gesammtwärmebildung mit der Wärmestrahlung vergleichen, so hat man folgende Verhältniszahlen:

	Wärmebildung	Ausstrahlung Multiplic.-reihe	Ausstrahlung Galvanomet.-beob.
Wachs . .	108	120	124
Paraffin .	100	101	100
Talg . .	105	100	106
Stearin . .	112	106	107

Die Amylacetatlampe.

Die Amylacetatlampe Hefner-Alteneck's ist unter den üblichen praktischen Lichteinheiten die beste. Ihr Licht entwickelt sich aus einem 8,3 mm breiten Röhrchen, aus einem 8 mm breiten Baumwolldocht, zur Höhe einer auf 44 mm gehaltenen Flamme. Diese Lichteinheit hat den grossen Vorzug, dass sie eine sehr einheitliche Strahlung erzeugt, wesshalb ich sie auch gerne zur annähernden Orientirung über die Leistungsfähigkeit der thermoëlektrischen Apparate benütze.

Es bietet kein praktisches Interesse auf diese Lampe näher einzugehen; nur kurz mag das Mittel einiger Messungen hier erwähnt sein.

Pro 1 Spermacetkerze und 37,5 cm Abstand gerechnet, gibt sie 166,3° Strahlung meines Galvanometers B = 15,98 M-cal.,

1) Muspratt. Bd. II, S. 429.

demnach mehr als die anderen Lichteinheiten. Letzteres wohl deshalb, weil die Dochthülse und andere Theile mit der Zeit sich erwärmen.

Freibrennende Gasflammen; Einlochbrenner.

Das Leuchtgas hat sich mit der Erweiterung und Vertiefung der Technik allmählich zu dem wesentlichsten Leuchtstoff für grössere Beleuchtungsanlagen hindurchgerungen, während die Beleuchtungsweise für den Kleinbetrieb und den Privatgebrauch die Erdöllampen geblieben sind.

Als Gassorten kommen zu Leuchtzwecken die verschiedenartigsten in Betracht, wie eben die speciellen Productionsverhältnisse die eine oder andere Darstellungsweise begünstigt. Es hat die Petroleum-, Holzgas-, Oelgas-, Wassergas-, Steinkohlengasbereitung ihre in localen Verhältnissen begründete Berechtigung.

Ihrer Natur nach bleibt auch die Verwendung dieser Gassorten eine sehr unterschiedliche. Die Einen, zu welchen das Steinkohlengas gehört, brennen mit leuchtender Flamme; die Art des Leuchtens erklären zwei verschiedene Hypothesen.

Die ältere Hypothese — jene von Davy — nimmt an, dass C aus den C-reichen Verbindungen sich abscheide und dieser verbrennend, liefere Licht. In der That mehrt die Zugabe C-reicher Dämpfe das Leuchten der Flammen (carburirte Flammen) und begünstigt das Russen. Die zweite Hypothese — jene von Frankland — lässt die Kohlenwasserstoffe selbst leuchtend werden, ohne dass es einer Spaltung derselben bedürfte.

Mancherlei andere Gassorten enthalten gar keine leuchtkraftbietenden Stoffe und brennen, wie z. B. das Wassergas (Dowson-Gas u. s. w.) mit bläulicher Flamme. Solchen Gemischen kann man durch Carburation die Leuchtkraft verleihen oder feste Partikelchen in denselben zum Glühen bringen. So hat man Platindrahtnetze, Stäbchen aus Platiniridium (Lewis-Sellon),[1] oder Netze, die aus alkalischen Erden bestehen (Auer'sches Gasglühlicht) oder einen Magnesiumcylinder (Lowe's Gasglühlampe)[2]) u. s. w. in die nicht leuchtenden Flammen eingehängt.

1) Gastechnik, Bd. IX, S. 162.
2) Der Techniker, 1888, S. 54.

Man kann von vorneherein nicht bestreiten, dass sogenanntes Leuchtgas Verschiedenheiten im Strahlungsvermögen der damit gespeisten Leuchtflammen geben kann, da einerseits das Grundmaterial — die verwendete Steinkohle — und die Ausbeutungsweise — der Betrieb an verschiedenen Orten — recht ungleich sind. Selbst am nämlichen Orte kommen zeitweise nicht unerhebliche Unterschiede in der Gaszusammensetzung vor; wie man längst weiss und worüber ich mich durch eigene Gasanalysen unterrichtete.

Im Folgenden werden Untersuchungen mitgetheilt, die sich zum kleinen Theil auf Marburger Gas beziehen; zum grösseren Theil habe ich meine vor vielen Jahren begonnenen Experimente hier in Berlin zum Abschluss gebracht.

Ueber das Marburger Leuchtgas habe ich an anderer Stelle berichten lassen, sowohl was Zusammensetzung, als auch was Verbrennungswärme anlangt.[1])

Alle Gasmessungen machte ich mit nassen, von mir selbst geaichten Gasuhren; die Temperatur des Versuchsraumes bewegte sich meist zwischen 18—20° Celsius. Dort wo es nöthig erscheint, werde ich den Consum auf 0° und 760 mm Druck berechnen; im Uebrigen verstehen sich die Angaben für Stubenwärme und den gegebenen Druck.

Jede »Serie« von Versuchen wurde immer an demselben Tage zu Ende gebracht, meist in umgekehrter Reihenfolge wiederholt und aus beiden Reihen die Mittel gebildet. So hat man gut vergleichbares Material zur Verfügung.

Zuerst will ich mich nun jener Sorte von Beleuchtungseinrichtungen zuwenden, welche als selbstleuchtende Flammen zu bezeichnen sind. Diese stehen offenbar in engem Anschluss an die Kerzenbeleuchtung; hinsichtlich der Strahlung liegen durch den Mangel eines Dochtes die Verhältnisse günstiger als bei dem Kerzenmaterial. Der Brenner der Gasflamme betheiligt sich, wenn er, wie allgemein üblich, aus Speckstein hergestellt, nicht wesentlich an der Strahlung, zumal er aus einem die Wärme

1) Archiv für Hygiene, a. a. O.

schlecht leitenden Material besteht und an der kühlsten Stelle der Flamme sitzt.

Das Leuchtgas wurde zu diesen Versuchen in verschiedenen Brennern untersucht; einmal in einem kleinen Bunsenbrenner, dessen Luftzuführung luftdicht geschlossen war und ein zweites Mal bei Ausströmen aus einer kleinen etwa 1 mm weiten Oeffnung eines Glasrohres.

Diese Brenner lieferten nur kleine Flammen von geringer Lichtstärke, da es aber gerade von Wichtigkeit ist, das Material Leuchtgas mit den festen Leuchtstoffen zu vergleichen, muss von diesen kleinen Lichtquellen ausgegangen werden.

Dabei können nur Leuchtgasflammen, welche wenig von einer Kerzenhelligkeit abweichen, herangezogen werden. Mit dem kleinen Bunsenbrenner wurden folgende Messungen angestellt:

Tabelle VII.

Lichtstärke für rothes Licht in Spermacetkerzen	Gasconsum für 1 Stunde in Liter[1]	Für 1 Kerze in 1 Stunde Gasconsum in Litern	Ausschlag des Galvanometers für 37,5 cm Abstand	Ausschlag für 1 Kerze (roth) in °
0,586	16,7	28,6	38,0	68,6
0,716	18,3	25,7	53,0	71,0
0,900	22,2	24,7	57,0	63,0
1,270	33,0	26,0	82,0	64,5

Die kleinste recht wohl ausgebildete Leuchtflamme hatte 0,586 Kerzenhelligkeit. Von dieser ausgehend erkennt man mit zunehmender Helligkeit ein geringes Anwachsen der Leuchtkraft, da die für 1 Kerzenhelligkeit nothwendigen Leuchtgasmengen sinken. Die beiden Werthe für 0,9 bis 1,270 Kerzenhelligkeit liefern eine Mittelzahl, welche sich recht gut mit den für die Kerzen gewonnenen Beobachtungsergebnisse vergleichen lassen.

1) Marburger Gas.

Bei einer mittleren Lichtstärke von 1,08 Spermacetkerzen wird für 1 Kerze konsumirt 24,0 Liter Gas (= 22,1 bei 0° und 760 mm Druck) und der Galvanometerausschlag beträgt 63,7°.

Die Messungen mit einer kleinen Einlochflamme (Glasrohr) seien hier angefügt:

Tabelle VIII.

Lichtstärke für rothes Licht in Spermacetkerzen	Gasconsum für 1 Stunde in Litern[1])	Für 1 Kerze in 1 Stunde Gasconsum in Litern	Ausschlag des Galvanometers für 37,5 cm Abstand	Ausschlag für 1 Kerze
0,879	21,99	24,7	49,6	56,3
1,60	33,76	21,1	78,0	48,5
1,89	35,64	18,9	96,6	51,1

Die Einlochflamme hatte eine hohe blaue Basis, welche nicht leuchtete. Bereits bei 0,88 Kerzen betrug die Flammenhöhe 58 mm und jene von 1,89 hatte sogar 115 mm. Sie nahm also annähernd wie die Lichtstärke zu.[2])

Ein Vergleich zwischen dem Einlochbrenner und der leuchtenden Bunsenflamme scheint auf eine geringe Ausstrahlung der Einlochflamme hinzuweisen. Legt man die beiden ersten Werthe der Tabelle zusammen, dann ergibt sich bei einer Flammenstärke von 1,239 Kerzen für eine Kerze gerechnet, ein Consum von 25,9 Liter Gas[3]) = 21,07 für 0° und 760 mm Druck, und eine Ausstrahlung von 52,4° des Galvanometers und bei der Bunsenflamme, wie oben mitgetheilt, für 22,1 Liter Gas 63,7°. Eine genügende Erklärung für dies Verhältnisses wird darin zu finden sein, dass die aus dem Bunsenbrenner entwickelte leuchtende Flamme unruhig und flackernd ist, wobei selbstverständlich die Materialausnützung etwas vermindert wird; demnach wird man die Einlochflamme zum Vergleich mit dem anderen Beleuchtungsmaterial heranziehen.

---

1) Marburger Gas.

2) Giroud hat den 1 mm weiten Einlochgasbrenner als Lichteinheit empfohlen. Bei 67,5 mm Flammenhöhe entspricht er 0,1 Carcel, d. h. annähernd einer Kerze.

3) = 138,2 Cal.

Die Leuchtgasflamme, obschon weit grösser und wärmender als alle anderen Flammen, strahlt etwa ebensoviel Wärme aus als die übrigen Leuchtstoffe.

Zum Theil findet diese auffallende oder doch zum mindesten bemerkenswerthe Thatsache offenbar in dem Umstande, dass die Leuchtgasflamme keinen Docht besitzt, ihre Erklärung. Die übrigen, festen Leuchtstoffe enthalten ziemlich beträchtliche Dochtmassen, welche die Ausstrahlung beeinflussen. Ich sah auch bei dem Auer-Glühlichtbrenner älterer Construction, welcher einen Eisenstift als Luftvertheiler in der Mitte trug und trotzdem derselbe in der dunklen, kühleren Zone der Flamme sich befand, dass die Ausstrahlung gegenüber den einfachen Bunsenbrennern, um

Tabelle IX.

Bezeichnung	Gesammtwärme in Cal. pro 1 Stunde	Gesammtwärme abzüglich des Wasserdampfes	Ausschlag des Galvanometers A pro 37,5 cm und 1 Kerze	Strahlung in grcal. pro 1 Min., 1 qcm u. 37,5 cm Abstand
Wachs	85[1])	(?)	61,5	0,01236
Paraffin	79	73	49,5	0,00995
Talg	83	77	52,5	0,01055
Stearin	88	82	53,4	0,01013
Leuchtgas	121,2[2])	109,9	52,4	0,01053

über ein Viertel erhöht ist. Noch beträchtlicher muss die Wirkung des rothglühenden oder doch sehr hoch temperirten Dochtes der festen Leuchtstoffe sein. Obschon früher genügend der genannte Einfluss durch zahlreiche Beispiele erläutert wurde, möchte ich doch noch hervorheben, dass ich einmal in unmittelbarer Reihenfolge bei einer Wachskerze von 0,85 Kerzenhelligkeit und 59,6° Galvanometerausschlag dadurch, dass ich den Docht auf das Minimum reducirte, zwar die Lichtstärke auf 0,68 minderte, die Ausstrahlung aber sogar auf 42,6° (für 1 Kerze) sinken sah. Eine möglichst dochtfreie Flamme hatte also einen sehr kleinen Strahlungswerth ergeben; wollte man sie mit einer

1) S. o. S. 230.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XIV.

ähnlich kleinen Gasflamme vergleichen, so stünde eine Messung von 0,586 Kerzen (s. S. 237) bei der leuchtenden Bunsenflamme zur Verfügung. Dabei war der Ausschlag für eine Kerze gerechnet 68,6 ° des Galvanometers A, d. h. um nicht weniger als 61 % grösser als der jener kleinen Wachskerze.

Nimmt man noch die Verschiedenheiten der chemischen Constitution des Leuchtgases und der festen Leuchtstoffe, den grösseren Reichthum des letzteren an kohlenstoffreichen Verbindungen hinzu, so ist die kleine Strahlung trotz der hohen Gesammtwärmebildung wohl verständlich. Da alle unsere Erfahrungen über das relative Strahlungsvermögen des Kerzenmaterials sich nur auf die aus Leuchtstoff und Docht zusammengesetzten Flammen beziehen und eine Ausscheidung des Dochteinflusses nach der Natur der Dinge unmöglich ist, so kann man auf Grund unserer Messungen vorläufig keinen Schluss auf die specifische Natur des Strahlungsvermögens der verschiedenen zu Kerzen verwendeten Grundstoffe ziehen. Die Frage wäre nur unter ganz bestimmten complicirten Versuchseinrichtungen zu lösen; der geringe praktische Werth der Kerzenbeleuchtung veranlasst mich vorläufig von weiteren Experimenten in der gedachten Richtung abzusehen.

Der Schnittbrenner und Zweilochbrenner.

Die kleinen Einlochbrenner haben sich nirgends als Beleuchtungseinrichtung bewährt, nur ausnahmsweise haben sie bei der Giroud'schen Gaseinheit eine gewisse Bedeutung erlangt, aber kaum über die Schwelle des photometrischen Laboratoriums hinaus.

Im gewöhnlichen Leben bedienen wir uns ihrer nur zu Illuminationszwecken und sind sie sozusagen mehr Heiz- als Beleuchtungsanlagen; die Lichtentwicklung ist eine geringe.

Um die Leuchtkraft des Gases zu erhöhen, hat man der Flamme eine abgeplattete Form gegeben, indem man das Gas aus einem schmalen Spalt der freien Oeffnung ausströmen lässt, dessen Formung der Flamme verschiedene Gestalt ertheilt.

Man unterscheidet 1. die Fledermaus-, Schlitz- oder Schnittbrenner, bei welcher das Gas einem feinen Spalt ausströmt, das Brennermaterial besteht zumeist aus Speckstein.

2. Der Fischschwanz-, „Zweiloch-“ oder Manchesterbrenner, mit zwei feinen, gegen einander geneigten Oeffnungen, gleichfalls jetzt zumeist aus Speckstein.

Ich habe eine Reihe von Brennern beider Systeme untersucht; zunächst mögen die Beobachtungen an dem Schnittbrenner hier Platz finden.

In jeder leuchtenden Flamme laufen zwei wesentlich verschiedene chemische Prozesse, die in den ungleichen physikalischen Eigenthümlichkeiten der Flamme ihren Ausdruck finden, ab: ein einfacher rascher Verbrennungsprozess, wobei Kohlensäure und Wasserdampf entsteht, und eine Spaltung gewisser Gasbestandtheile, wobei Kohlenstoff in feinster Vertheilung den Gasen sich beimengt, der eine Zeit lang in der Flamme erglüht und Strahlen nach aussen sendet. Wie aber meine Versuche messend darthun, werden die leuchtenden Strahlen von einer Fluth dunkler Strahlen begleitet.

Die von einer nichtleuchtenden Flamme ausgestrahlte dunkle Wärme rührt von der heissen Kohlensäure, dem Wasserdampf, beigemengten Stickgasmolekülen her. Frei von leuchtender Strahlung sind freilich die sogenannten nichtleuchtenden Flammen keineswegs, nur ist eben die Helligkeit so ausserordentlich klein, dass wir sie mit unseren Photometern nicht mehr messen können. Das menschliche Auge und der Spectralapparat geben uns Auskunft von der Anwesenheit kurzwelliger Antheile in der Strahlung.

Der nicht leuchtende Bunsenbrenner gibt nur ein sehr schwaches continuirliches Spectrum, aber deutlich vier helle Streifen in Gelb, Grün, Blau, Violett, welche nach der Annahme mancher Autoren von dem glühenden, in gasförmigem Zustande befindlichen Kohlenstoff herrühren.[1]) Brennender Wasserstoff liefert nur einen schwachen hellen Schein von Grün[2]) und bren-

1) Spectralanalyse v. H. W. Vogel, 1889, S. 285.

2) a. a. O., S. 316.

nendes Kohlenoxyd nur einen blauen Schein.[1]) In welchem Grade der vergaste Kohlenstoff an der Ausstrahlung sich betheiligt, ist genauer nicht bekannt.

Jede der Schnitt- oder Zweilochbrennerflammen besteht zum Theil aus einer mehr oder minder grossen bläulichen, als »nicht leuchtende Zone« bezeichneten Fläche, und einer leuchtenden und die eigentliche Leuchtkraft bedingenden Fläche. Nicht alle Stellen der letzteren sind von gleicher Dignität. Für die specifische Strahlung eines Schnitt- oder Zweilochbrenners ist die procentische Vertheilung zwischen dem leuchtenden und nicht leuchtenden Theil von grösster Wichtigkeit.

Wir wollen zuerst die Strahlungsverhältnisse nicht leuchtender Flammen betrachten.

Es wurden mit grösseren wie kleineren Gasflammen Versuche ausgeführt, wobei die Bunsenbrenner Anwendung fanden wie auch die für das Auer'sche Gaslicht modificirte Form des ersteren.

Gasconsum für die Stunde in Liter[2])	Ausschlag des Galvanometers bei 37,5 cm Abstand	Ausschlag des Galvanometers für 1 l Consum
18,32	39,0	2,12
25,84	51,6	2,00
77,80	161,4	2,07
101,5	223,3	2,20
(51,9)[3])	(138,5)[3])	(2,63)[3])

Der Auer'sche Brenner zeigt verhältnismässig mehr Ausstrahlung wie der normale Bunsenbrenner bei gleichem Consum; es dürfte diess aber wahrscheinlich nur auf den in der Flamme befindlichen Eisenkern des Auerbrenners, der dem Dochte ähnlich wirkt, zurückgeführt werden. Die Bunsenbrenner ergeben bei verschieden grossem Consum eine dem letzteren proportionale Ausstrahlung; die für 1 l Consum berechneten Zahlen schwanken von 2,0—2,20° Ausschlag des Galvanometers. (Mittel 2,07° = 4,53° des Galvan. B.)

1) a. a. O., S. 292.

2) Bei 15° und 740 mm Druck.

3) Auer'sches Gaslicht älteren Systems.

Die Wärmeausstrahlung ist demnach auch bei nicht leuchtenden Flammen keine unerhebliche, jedenfalls bedeutender, als man sie in der Regel annimmt. Die Gleichheit des Ablaufs der chemischen Processe in der Flamme, die Spaltung der Gasbestandtheile zu Wasser und Kohlensäure bedingt die Gleichheit der Strahlung bei verschiedenem Consum. Die Temperatur der nichtleuchtenden Flamme ist sehr hoch; man darf ja nach den eingehenden Versuchen von Blochmann[1]) wohl nicht daran zweifeln, dass das Nichtleuchten der Bunsenflamme nicht auf die Abkühlung der Flamme durch die einströmende Luft zurückzuführen ist, sondern auf die rasche vollkommene Oxydation.

Je mehr Gas verbrannt wird, um so reichlicher werden diese dunklen Wärmestrahlen sein, welche die Flamme verlassen. Daraus folgt mit aller Sicherheit, dass je ökonomischer das Leuchtgas verwendet wird und je mehr Kerzenhelligkeit aus einem Kubikmeter Leuchtgas gewonnen wird, desto weniger von dieser Seite des Verbrennungsprocesses eine Belästigung durch Hitze befürchtet zu werden braucht.

Andererseits müssen wir aber im Auge behalten jene Veränderungen, welche in jeder Flamme durch das Leuchten zu Stande kommen. Die Ausstrahlung jeder leuchtenden Flamme nimmt wesentlich zu. Hierfür mögen folgende Beispiele gewählt werden.

Tabelle X.

Lichtstärke leuchtend in Kerzen	Consum in Litern	Nicht leuchtend. Ausschlag des Galvanometers A.	Leuchtend. Ausschlag des Galvanometers A.	Zuwachs
0,716	18,4	39	53	+ 36%
1,270	25,8	53	82	+ 54%
—	94,0	122	178	+ 46%

Die Leuchtflammen, welche zu den Versuchen dienten, waren — die kleinste ausgenommen — von bedeutender Unruhe; die Flamme eines leuchtenden Bunsenbrenners brennt nur gleich-

1) Liebig's Annalen, 1881.

mässig, solange eine gewisse Grösse nicht überschritten wird. Wir sehen als gemeinsames Ergebniss, dass durch das Leuchtendwerden einer vorher entflammten Gasmasse die Wärmestrahlung um rund 50 % zunimmt. Demnach könnten bei den Gasflammen immerhin ²/₃ der ganzen Wärmestrahlung auf Processen, welche mit dem Leuchten nicht in unmittelbarem Zusammenhange stehen, beruhen. Wir kommen auf diese Frage später zurück. [1])

Die beiden Processe — die nichtleuchtende Verbrennung und die leuchtende, stehen bei den Gasflammen verschiedener Grösse in keinem constanten Verhältnis, sondern unterliegen einem gesetzmässigen Wechsel.

Die Leuchtkraft, d. h. die aus einem gegebenen Volum Leuchtgas entwickelte Lichtmenge ist je nach der Anwendungsweise des Leuchtgases und je nach der Beschaffenheit des Brenners eine verschiedene.

Die Ursache der günstigeren Leuchtkraft des Schnittbrenners gegenüber dem Einlochbrenner sucht man in Folgendem: Da die Verbrennung im Wesentlichen nur im äusseren Mantel der Flamme stattfindet, so ist es auch nur die dort erzeugte Wärme, welche die nach Innen befindliche Gasmasse erhitzt und unter Kohlenstoffabspaltung Zersetzungen einleitet. Der glühende Kohlenstoff leuchtet. Der kreisförmige Querschnitt des Einlochbrenners liefert zu wenig Gelegenheit zu einer ausgedehnteren Wärmebildung.

Bei dem Leuchtendwerden eines Bunsenbrenners tritt keineswegs ausschliesslich leuchtende Strahlung auf, sondern es wird auch die Menge der dunklen Strahlung ausserordentlich vermehrt. Der leuchtende Kohlenstoff gibt also Wellen sehr verschiedener Länge nach Aussen hin ab. Dies ergibt sich sich mit aller Bestimmtheit aus dem gewaltigen Anwachsen der Strahlung mit dem Leuchten. [2])

---

1) Einen genauen Entscheid hierüber lassen die Versuche keineswegs zu.

2) S. später im III. Theil.

Schon bei den Kerzen waren wir in der Lage, darauf aufmerksam zu machen, dass selbst in normaler horizontaler Richtung die Ausstrahlung nicht ganz die gleiche ist, sondern von der Dochtmasse und ihrer Neigung wesentlich beeinflusst wird.

Noch viel ungleichmässiger ist die horizontale Ausstrahlung von Licht wie Wärme bei dem Schnittbrenner; Schmal- und Breitseite sind wesentlich different.

Die Werthe des Verhältnisses der Lichtausstrahlung für Schmal- und Breitseite sind keineswegs in allen Fällen, da es ja wesentlich darauf ankommt, wie die Höhe der Flamme mit der Breite wechselt, dieselben. Verschiedene Brenner zeigen darin grosse Unterschiede.

Die Licht- wie Wärmestrahlen unterliegen bei ihrem Durchgang durch die Flamme einer nicht unbeträchtlichen Absorption; während, von der Flachseite besehen, die Licht- wie Wärmestrahlen die dem Auge abgewandte Fläche nur die 4—6 mm dicke Schicht zu durchdringen haben, müssen, von der Schmalseite besehen, manche Strahlen die ganze Breite der Flamme (bis zu 100 mm) durchdringen und auf diesem Wege erleiden sie, sei es durch die Kohlestoffpartikelchen, sei es durch die Gase der Flamme, eine Absorption.

Die Schmalseite eines Brenners besitzt aber einen viel höheren Glanz als die Breitseite, weil sich die bedeutende Menge von Licht, welche auch auf der Schmalseite ausgestrahlt wird, auf eine sehr geringe Oberfläche vertheilt.

Die Verhältnisse der Licht- und Wärmemenge an der Schmal- und Breitseite der Flammen sind im Folgenden einer besonderen Prüfung unterzogen worden.

Behufs des Vergleichs wurden die Schnittbrenner an einem Rohr befestigt, so dass sie sich leicht und ohne mit dem Brenner aus dem Fixpunkt zu treten, drehen liessen. Für jede Reihe wurde 5—6 mal Breitseite und Schmalseite untersucht. Auf eine richtige Einstellung der Thermosäule wurde mit peinlichster Sorgfalt geachtet.

Mit gewissen Fehlern ist die Einstellung auf die Schmalseite immer behaftet, weil ganz geringfügige Abweichungen aus der

Vertikalen immerhin vorkommen können, sie werden sich aber in einer Reihe von Versuchen compensiren. Sorgfältig muss auf die Ruhe der Luft geachtet werden; namentlich kleine Flammen pflegen schlottrig zu werden und werden daher leicht bewegt. Dadurch würden etwas zu grosse Werthe für die Schmalseite-Strahlung gewonnen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Reihen gibt die nächstfolgende Tabelle.

Tabelle XI.

	Breitseite		Schmalseite	
	Lichtstärke	Strahlung	Lichtstärke	Strahlung
1.	1,87	102,9	1,73	97,06
2.	3,54	141,0	3,27	131,20
3.	5,02	232,6	4,55	213,80
4.	6,44	267,7	6,15	258,10
5.	14,16	587,9	12,97	534,60
6.	20,00	568,8	17,33	513,80
7.	24,00	615,8	20,18	546,80

Die Lichtstärken sind für rothes Licht mitgetheilt, die Galvanometerausschläge auf die Entfernung 37,5 cm von der Säule berechnet.

In allen Fällen, von der kleinsten bis zur grössten Flamme, gibt die Breitseite mehr Licht als die Schmalseite und ebenso ist durchgängig die Breitseite mehr wärmeausstrahlend als die Schmalseite.

Zur bequemen Uebersicht wurde im Folgenden (siehe Tabelle XII auf S. 247) berechnet, um wie viel Procente der Lichtzuwachs und die Wärmestrahlung an der Breitseite grösser ist als an der Schmalseite.

Der Lichtzuwachs nimmt demnach mit steigender Lichtstärke an der Breitseite, gegenüber der Schmalseite, sehr beträchtlich zu. Bekanntlich wächst ja mit zunehmender Flammengrösse bei den Schnittbrennern die Breite der Flamme mehr, als die Höhenzunahme beträgt, wodurch die Absorption in der Flamme eine bedeutende werden muss.

Aehnlich liegt es für die Wärmeverhältnisse. Die Wärmeausstrahlung einer grossen Flamme ist gegenüber den kleinen um das Doppelte angewachsen. Licht- und Wärmestrahlen scheinen sich aber nicht vollkommen gleich zu erhalten, sondern die Letzteren nehmen um weniger zu als die Ersteren. Daraus würde folgen, dass die Wärmestrahlen weniger intensiv in der Flamme absorbirt werden als die Lichtstrahlen. Dann würde man vermuthen dürfen, dass auch die einzelnen Spectralfarben einer etwas verschiedenen Absorption unterliegen.

Tabelle XII.

Verhältnis von Schmalseite zu Breitseite.

	Lichtzuwachs in %	Wärmezuwachs in %
1.	8,0	6,1
2.	8,2	7,3
3.	10,2	8,8
4.	9,6	9,6
5.	9,1	9,8
6.	15,3	10,8
7.	19,0	12,3
Mittel	11,3	9,2

Offenbar ist aber die Ursache für dies ungleiche Verhalten eine andere.

Ich habe diese Frage nur an einem sehr breitflammigen Zweilochbrenner geprüft und gefunden, dass man für Breit- und Schmalseite verschiedene Quotienten erhält. Für die Breitseite war derselbe (mit Berliner Gas) 1,265, für die Schmalseite = 1,311. Die Schmalseite führt also etwas mehr kurzwellige Strahlen wie die Breitseite. Die Unterschiede betragen aber wenig, so dass für die Berechnung der Lichtstärken (k. J.) die Feststellung des rothen Lichtes völlig ausreichend erscheint.

Die Verhältnisse der Lichtausstrahlung von der Breit- und der Schmalseite leuchtender Flammen ist auch für die Begründung der Theorie des Leuchtens verwendet worden.

Frankland[1]) führte z. B. für seine Theorie, das Leuchten werde im Wesentlichen durch glühende Kohlenwasserstoffe hervorgerufen, den Umstand an, dass es für die photometrische Messung nicht gleichgültig sein könnte, ob man eine Kohlenstoffflamme auf die flache oder breite Seite einstellte, wenn es die glühenden Kohlepartikelchen wären, welche leuchten.

Stein[2]) hält dafür, dass gerade, wenn Kohlenstofftheilchen das Licht ausstrahlen, die Leuchtkraft auf der schmalen wie an der breiten Seite eines Brenners die gleiche sein müsse. „Ein Körper kann das auf ihn fallende Licht eines anderen nur dann schwächen oder aufhalten, wenn er selbst nicht oder in geringerem Grade leuchtet wie dieser. Leuchten beide gleich stark, so summiren sich die Wirkungen beider. Zwei hintereinander liegende Kohlenstoffmoleküle, von denen das eine ebensoviel Licht ausstrahlt wie das andere, können sich daher unmöglich schwächen; ihre Schwingungen müssen sich im Gegentheil verhalten wie zwei Wellen von gleicher Amplitude und Geschwindigkeit, die entweder unmittelbar auf einander folgen oder so zusammentreffen, dass Berg und Thal sich verdoppeln."

Diese Annahmen einer gleichheitlichen Lichtausstrahlung auf Breit- und Schmalseite eines Brenners treffen aber, wie man aus meinen Messungen sieht, überhaupt nicht zu, die Differenzen sind so ausreichend, dass über die Thatsache nicht der geringste Zweifel bestehen kann.

Das Licht und ein grosser Theil der wärmenden Strahlen entstehen nicht an der nämlichen Stelle. Das Licht entwickelt sich an den oberen Parthien der Flamme, da wo sie am breitesten ist, indess die Basis bis auf einen kleinen Lichtsaum eine blaue dunkle Gasmasse vorstellt. Für das Licht sind die Absorptionsverhältnisse günstiger. Es entsteht immer nur da, wo glühende Kohlepartikelchen vorhanden sind und hat — zugleich mit der ihnen zugehörigen Wärmestrahlung den weitesten

1) Journal für Gasbeleuchtung, 1867, S. 291.

2) Dasselbe, 1874, S. 294.

Weg durch die Flamme zurückzulegen. Die grosse Menge strahlender Wärme des dunkleren Theils der Flamme durchsetzt jene an ihrem schmalsten Theil und ungehindert durch die Kohlepartikelchen.

Aus dem Umstande, einer beträchtlichen Behinderung des Lichtdurchtrittes durch die Flamme selbst, kann man meines Erachtens nur folgern, dass feste Körperchen es sein müssen, welche eine Ablenkung und Zerstreuung des Lichtes herbeiführen. Den Gasen, die in der Flamme in hochverdünntem Zustande vorhanden sind, kommt eine solche Wirkung keineswegs zu.

Das wesentlichste Argument gegen die Frankland'sche Hypothese und für die Davy-Annahme geben meine vergleichenden Messungen über die strahlende Wärme und Licht. Beide sind auf Aetherwellen verschiedener Länge zurückzuführen. Alle Erfahrungen sprechen dafür, dass beim Durchzug beider durch ein Medium Differenzen in der Absorption sich werden herausstellen müssen. Sieht man von kleinen, leicht zu erklärenden Abweichungen ab, so beweisen unsere Versuche aber mit Evidenz, dass kurzwellige Strahlen und langwellige beim Durchwandern der Flamme und Flammengase in gleichem Grade beeinflusst werden.

An dieser Stelle wollen wir an die Versuche von Tyndall über das ölbildende Gas erinnern. Er fand, dass dieses Gas in einer Röhre von 4 Fuss Länge 80% der Ausstrahlung einer dunklen Quelle absorbirt, eine zolldicke Schicht noch 33% und eine Schicht von $^{1}/_{100}$ Zoll noch 2%; — in unser Maasssystem übertragen, würde eine Schicht von 0,025 cm also noch merklich wirksam sein. Das Gas wäre für die leuchtenden Strahlen aber völlig durchgängig.[1]) Sonach müsste in einer Gasflamme, welche immer an Breite zunimmt, wie der gewöhnliche Schnittbrenner, den man grösser macht und der 7—8 cm (= 2—3 Zoll) erreichen kann, unbedingt eine wesentliche Verschiedenheit der Wärmestrahlung zwischen Schmal- und Breitseite zeigen, aber keine für Licht.

1) a. a. O., S. 507.

Wir müssen also annehmen, dass die Kohlepartikelchen als feste Körper in der Flamme es sind, welche eine gleichmässige Behinderung der Ausstrahlung geben und Licht- und Wärmestrahlen schwächen. Wir stehen daher nicht an, in den Messungsergebnissen einen Anhalt für die Constitution der Leuchtflammen zu sehen. Das Leuchten erfolgt in dem Sinne der Hypothese von Davy durch Abspaltung von Kohlenstoff und Erglühen des Letzteren.

Wie verhalten sich Schnittbrenner-Flammen bezüglich ihrer Wärmeentwickelung und Strahlung? Ich habe hiezu drei Schnittbrenner verwendet, deren einer für kleine Lichtstärken, die anderen aber für grösseren Gasconsum bestimmt waren. Die Flamme wurde bei jedem derselben grösser oder kleiner gemacht; die Grenze der vollen, schönen und ruhigen Entwickelung der Flamme aber nirgends überschritten. Die Schnittbrenner-Flammen (Speckstein-Brenner) unterscheiden sich mannigfach; manche derselben wechseln bei zunehmendem Gasconsum und zunehmender Lichtstärke nur wenig die Höhe, aber sehr bebeutend die Breite; andere zeigen mit dem Wechsel der Breite eine nicht unwesentliche Schwankung der Höhe der Flammen. Die verwendeten Brenner entsprachen der letzteren Gattung.

Die Leuchtkraft des Gases ist bekanntlich um so grösser, je geringer der Druck ist, unter welchem es verbrennt. Doch wird die kleine flackernde Flamme unrationell. Es wäre daher zweckmässig, in weiten Brennern und bei kleinem Druck die Flammen zur Entwickelung zu bringen.

Die Hauptaufgabe eines Lichtes in hygienischer Hinsicht ist aber die Stetigkeit und Ruhe desselben, die sich jedoch nur erreichen lässt, wenn die Straffheit der Flamme, die ihrerseits von dem Druck abhängig ist, erhalten bleibt. Flammen gleicher Spannung, aber ungleicher Grösse, zeigen also auch eine ungleiche Leuchtkraft; je kleiner die Flamme, desto grösser der Consum für gleiche Helligkeit.

Die Wärmestrahlung muss nun offenbar von allen diesen Momenten, wie auch von der Art der Brenner modificirt werden. Eine Verfolgung der Frage der Wärmestrahlung nach diesen

Richtungen werden wir bei den Zweilochbrennern geben. Es wurde die Wärmestrahlung im Folgenden an Brennern mittlerer Grösse untersucht. Auf die Beziehungen zwischen Leuchtkraft und Strahlung wird später noch eingegangen werden.

Tabelle XIII.

Brenner A.

Lichtstärke für Licht k. J.	Galvanomet.-Ausschlag bei 47,5 cm Abstand	Galvanometer-ausschlag für 37,5 cm	Galvanomet.-Ausschlag für 1 Kerze Helligkeit
0,97	51,0	81,7	83,9
1,28	56,0	89,8	70,2
4,11	122,0	195,7	47,6
11,10	283,5	454,0	40,9
16,48	354,5	568,8	34,5

Die relative Wärmestrahlung der Schnittflamme bei verschiedener Grösse ist also sehr verschieden; die kleinste Flamme von annähernd einer Kerzenhelligkeit strahlte fast doppelt soviel an Wärme aus als die der Flamme mit einer Leuchtkraft von 16,48 Kerzen. Die kleinen Flammen von 0,97 bis 1,28 Kerzen gaben eine weit stärkere Wärmestrahlung, als den früher gegebenen Werthen für die festen Leuchtstoffe entspricht. Bei normaler Flammengrösse dagegen liegt die Ausstrahlung für brennende Schnittbrenner unterhalb jener für Paraffin- und anderes Kerzenmaterial gefundenen Werthe. Die Schnittbrennerflammen sind also in der Ausstrahlung weniger belästigend als Kerzenmaterial von gleicher Lichtmenge.

Ausser den oben mitgetheilten Versuchen wurden noch die folgenden, zum Theil mit demselben Brenner, zum Theil mit einem etwas kleineren, mit Flürscheim'schen Regulator versehenen Brenner (*B*) und einem sehr grossen Brenner (*C*) ausgeführt.

Tabelle XIV.

Lichtstärke für rothes Licht	Galvanometer-Ausschlag für 37,5 cm Entfern.	Galvanometer-Ausschlag für 1 Kerze Helligk.
4,44[1])	186,2	41,9
9,36	350,9	37,4
14,48	535,5	36,9
1,87	102,9	55
3,54	141,0	40
5,02	232,6	46
6,44	267,7	41
14,16	587,9	41
20,00[2])	568,8	28
24,00	615,8	25

Die Versuche zeigen, obschon sie zu verschiedenen Zeiten, also mit Leuchtgas von vielleicht etwas abweichender Leuchtkraft, angestellt wurden, sehr gute Uebereinstimmung. Je grösser die Flamme, desto weniger belästigt sie durch Wärmestrahlung.

In allen Versuchsresultaten sind die Flammen von der Breitseite gemessen; es ist aber für die Betrachtung vollkommen gleichgültig, ob wir bei der Messung von der Breit- oder Schmalseite ausgehen, da für jede Flammengrösse ein gleichbleibendes Verhältnis zwischen Lichtmenge und Wärmestrahlung besteht. Dies zu erweisen, ist nicht schwer; ich lasse die Zahlen folgen, welche man für den Ausstrahlungswerth einer Kerzenhelligkeit erhält, und zwar für Breit- und Schmalseite:

Breitseite			Schmalseite[3])		
1.	55	Mittel 39,4	1.	56	Mittel 40,4
2.	40		2.	40	
3.	46		3.	47	
4.	41		4.	42	
5.	41		5.	41	
6.	28		6.	30	
7.	25		7.	27	

1) Brenner mit Regulator (B).

2) Brenner C.

3) Der stärkeren Strahlung auf der Schmalseite entspricht auch der höhere Glanz an dieser Seite, sowie der etwas höhere Quotient.

Aehnliche Verschiedenheiten für Schmal- und Breitseite wie bei den Schnittbrennern finden sich auch bei den Flach- und Duplexbrennern der Petroleumlampen, wie ich mich mehrfach überzeugt habe. Sowohl Licht- wie Wärmestrahlung ist auf der Schmalseite erheblich kleiner wie auf der Breitseite.

Bei den kleinen Gasflammen betrug die Leuchtkraft rund 46,8 Kerzen pro Cubikmeter Gas, bei den 16kerzigen etwa 66,5 pro Cubikmeter, daraus folgt an Wärme im ersten Fall: Consum pro Kerze = 21,37 l Gas = 113,0 Cal. und nach Abzug des Wasserdampfes 102,46 und für die grosse Flamme 15,03 l Consum pro Kerze = 79,48 Cal. und = 72,07 nach Abzug der Verdampfungswärme des Wasserdampfes. Die grössten Flammen mit 20—24 Kerzen konnten im Consum nicht controllirt werden, weil die Gasuhr zu viel Druck in Anspruch nahm.

Lassen wir die Versuche nach den für die Breitseite der Flamme gewonnenen Werthen zum Vergleiche sich aneinanderreihen, wie es die folgende Generaltabelle zeigt, so tritt der gesetzmässige Verlauf der Abhängigkeit der Strahlung von der Grösse der Flamme auf's Evidenteste hervor.

Tabelle XV.

Generaltabelle für die Schnittbrenner.

Lichtstärke k. J.	Galvanometerausschlag für 1 Kerze	Lichtstärke k. J.	Galvanometerausschlag für 1 Kerze
0,97	83,7	9,40	37,4
1,28	70,2	11,10	40,9
1,87	56,0	14,16	41,0
3,54	40,0	14,50	36,9
4,11	47,6	16,48	34,5
4,40	41,9	20,00	28,0
5,02	46,0	24,00	25,0
6,44	41,0		

Die Differenzen zwischen grösster und kleinster Flamme sind hier noch weit grösser und schwanken zwischen 84 bis 25° Galvanometerausschlag für eine Kerze Helligkeit. Die grosse Flamme des Schnittbrenners lieferte also nur halb soviel an strahlender Wärme, als die Kerzen gleicher Helligkeit geliefert

hätten. Ordne ich in der Generaltabelle die nicht zuweit von einander abweichenden Galvanometerwerthe, so ergeben sich folgende Mittelwerthe der Wärmestrahlung:

Tabelle XVI.
Mittelwerthe für den Schnittbrenner.

Lichtstärke k. J.	Ausschlag d. Galvanomet. für 1 Kerze	Grcal pro 1 Min. und 1 qcm und 37,5 cm Abstand
0,97— 1,87	69,9	0,01405
3,5 — 5,0	44,9	0,00902
6,4 —16,5	38,6	0,00776
20,0 —24,0	26,5	0,00533

Mit Berliner Gas habe ich an einem Specksteinschnittbrenner noch zwei Versuche angestellt, sie ergaben:

Nr.	Spermacetkerzen (k. J.)	Galvan. B. Ausschlag pr. 37,5 cm Abstand in °	Ausschlag per 37,5 cm Abstand und 1 Kerze	Wärme in mcal per 1 qcm und 37,5 cm Abstand
1	16,09	1208,0	74,60	7,169
2	17,28	1736,0	100,40	9,650

Mit 17 Kerzen Helligkeit hatte der Brenner also seine beste Wirkung schon überschritten, indem die Strahlung im Verhältnis zu den für 16 Kerzen erhaltenen Zahlen im Zunehmen begriffen ist. Die Lichtentwicklung war gut, die Flamme ruhig, die Farbe blendend weiss, so dass ein unmittelbarer Vergleich mit dem Kerzenlichte nicht ausführbar gewesen wäre. Die kleinere Zahl 7,169 für den Strahlungswerth in absoluter Grösse stimmt mit den an anderen Brennern gemachten Erfahrungen gut überein.

In die Zeit der in Tabelle XVI mitgetheilten Versuche fielen auch die Messungen der Verbrennungswärme des Leuchtgases, die ich mit Dr. Cramer ausgeführt habe. Wir fanden damals Schwankungen im Verbrennungswerth, die zwar nicht unerheblich waren, die aber immerhin eine mittlere Zahl anzunehmen erlauben. Die Werthe waren:

6,064 für 0° und 760 mm Druck	5,538 für 0° und 760 mm Druck
5,764 „ 0° „ 760 „ „	5,158 „ 0° „ 760 „ „
5,842 „ 0° „ 760 „ „	6,259 „ 0° „ 760 „ „

Nach diesen Ergebnissen kann man sagen, dass das damals gelieferte Marburger Leuchtgas ein gutes war.

Ordnet man meine Ergebnisse nach der Brennerart, wobei jedesmal nur die maximalste und günstigste Lichtentwicklung in Betracht gezogen wird, so hat man noch Folgendes:

Brennersorte	Licht (k. J.)	Strahlung pr. 1 qcm, 1 Min. und 37,5 cm Abstand in m-cal.
Schnittbrenner I	13,35	7,564
„ II	14,20	8,241
„ III	14,48	7,416
„ IV	22,0	5,331
„ V[1])	16,1	7,169

Sieht man von dem grössten Brenner mit 20—24 Kerzen Helligkeit ab, so stimmen die einzelnen Werthe für die Flammen sehr gut mit einander überein.

Aus den bisherigen Mittheilungen folgt, dass nicht mit jedem Brenner der niederste Strahlungswerth zu erlangen möglich ist. Die kleinste Wärmestrahlung erhielten wir mit dem grössten Brenner. Wenn man sich die voll entwickelte Leuchtflamme verschieden grosser Brenner besieht, so erkennt man die Ungleichheiten der Vertheilung leuchtender und nichtleuchtender Flächen. Die kleinen Lichtquellen dieser Sorte haben eine sehr ausgedehnte blaue und eine kleine leuchtende Zone.

Neben dem Schnittbrenner gibt es eine Reihe verwandter Einrichtungen, die Zweilochbrenner[2]) in verschiedenartiger Ausführung. Je nach der Neigung der beiden Löcher zu einander wird die Form der Flamme eine verschiedene, die stark geneigte

1) Berliner Gas.
2) Fischschwanzbrenner, Manchesterbrenner.

Bohrung des schottischen Fischschwanzbrenners gibt eine sehr breite Flamme; die in Berlin üblichen geben eine mehr hohe als breite Lichtfläche. Ich verschaffte mir eine Zahl von Zweilochbrennern für verschiedenen Consum von einer Firma und untersuchte die Leuchtflammen auf ihre Strahlung, wenn das Licht den vollsten Glanz angenommen hatte. Die nachstehende Tabelle enthält die gewonnenen Ergebnisse, unter 4a wurde ein Zweilochbrenner etwas anderer Form und aus anderer Quelle stammend beigefügt:

Tabelle XVII.

Nr.	Quotient $\frac{Gr.}{R.}$	Spermacetkerzen (k. J.)	Strahlung per 37,5 cm in ° des Galvan. B.	Strahlung per 37,5 cm Abstand u. 1 Kerze in °	m-cal. pr. 37,5 cm Abstand, 1 Min. und 1 Kerze
2	1,32	2,04	588,4	273,8	26,31
4	1,33	4,06	812,1	200,0	19,22
4a	1,39	8,08	745,3	92,2	8,06
6	1,31	9,56	1366,0	142,8	14,04
8	1,26	17,01	1833,0	107,7	11,22

Die Brenner gaben das beste Licht keineswegs bei der angegebenen Zahl von Litern Gas, für welche sie bestimmt waren; es wurde wie erwähnt, also nicht auf den Gasconsum, sondern nur auf die Tadellosigkeit des Lichtes geachtet. Die Ergebnisse beweisen die Ungleichheit der relativen Wärmestrahlung bei den verschiedenen Grössen der Leuchtflamme; sie belästigt um so weniger an Wärme, je grösser sie im Allgemeinen ist. Die Zweilochbrenner zeigen sich nicht so günstig, wie die früher untersuchten Schnittbrenner.

Dieses ungünstige Resultat haftet aber sicherlich nicht den Zweilochbrennern im Allgemeinen an, wie der Versuch 4a mit einem anderer Art des Zweilochsystems angestellt, darthut.

Die offenen Gasflammen, das lehren alle Versuche, sind, was die Wärmestrahlung anlangt, offenbar dem Kerzenmaterial vorzuziehen. Freilich befriedigen sie aber durch die Unruhe des Lichtes wenig in der Beleuchtung unserer Wohnräume und die

Ausnützung des Leuchtgases für die Zwecke der Lichterzeugung lässt bei den offenen Brennern mancherlei zu wünschen übrig.

Der Rundbrenner (Argandbrenner).

Die Einführung von Zugcylinder hat eine nicht unwesentliche Verbesserung der Ausnützung des Leuchtgases zu Leuchtzwecken erzielt. Einer der gebräuchlichsten Brenner ist der Argandbrenner. Er besteht nach den neueren Constructionen aus einem Specksteinkranz mit mehr oder weniger zahlreichen Oeffnungen.

Der Querschnitt aller dieser zusammengenommen repräsentirte eine grössere Fläche als die Specksteinschnittbrenner sie zu haben pflegen; der Druck des ausströmenden Gases kann daher gering sein. Die frei brennende Flamme hat jedoch nur wenig Ruhe und russt selbst bei geringer Höhe. Sie bedarf daher eines Schutzes gegen den Luftzug und einer gleichmässigen, gleichgerichten Strömung der Luft; die gewünschten Bedingungen lassen sich durch die Anwendung eines Zugcylinders erreichen.

Der Zugcylinder ist ein Schornstein, welcher nur zweckmässig zu sein pflegt, wenn die erzeugte Luftgeschwindigkeit weder zu gross noch zu klein ist. Wird zu reichlich Luft zugeführt, so leidet die Leuchtkraft, weil alsdann eine Abkühlung der Flamme entsteht zugleich mit einer Verringerung der Zahl der leuchtenden Kohlenstoffpartikelchen. Bei zu kurzem Cylinder und schlechtem Zug russt die Flamme leicht, ihre Leuchtkraft ist aber grösser als bei recht lebhafter Luftzufuhr. Aus alledem folgt, dass, wenn wir einen Argandbrenner mit verschiedener Flammenhöhe brennen, zur Erzielung höchster Leuchtkraft auch die Höhe des Cylinders jedesmal geändert werden müsste.

In Folgendem wurde mittelst eines Argandbrenners Licht entwickelt, jedoch stets nur durch Aenderung des Gasconsums, wie wir es im täglichen Leben zu üben pflegen. Getrennt von den Versuchen über die Strahlung war mittelst eines Bunsenphotometers die Leuchtkraft untersucht worden. Die ausgeführten Messungen sind folgende:

Gasconsum in Litern pro Stunde	Lichtstärke (k.-J.)	1 cbm Gas liefert pro Stunde Kerzen
191,3	22,1	115,5
211,1	20,6	97,6
220,0	20,8	94,4
224,0	23,5	104,7
275,5	22,8	82,7

Im Mittel lieferte der Argandbrenner bei voller Flamme und einem Consum von über 200 l pro Stunde 98,9 Normalkerzen Helligkeit pro Cubikmeter, was der durchschnittlichen Leuchtkraft eines mittleren Kohlengases entspricht.[1])

Bei sehr geringem Gasconsum wird aber auch der Argandbrenner unrationell, eine Frage, die hier nur gestreift sein mag, da wir sie im vorigen Paragraphen genügend ausführlich besprochen haben.

Für Flammen verschiedener Lichtstärke finde ich beim Argandbrenner folgende Beziehungen zur Wärmestrahlung:

Tabelle XVIII.
Der Argandbrenner.

Nr.	Lichtstärke f. rothes Licht Spermacetkerze	k. J.[1])	Flammenhöhe	Galvan.-ausschlag für 64 cm Entfern.	Ausschlag f. 37,5 cm berechn.	Ausschlag pr. 37,5 cm u. 1 Kerze Helligk.	Grcal. pro 1 Min., 1 qcm und 37,5 cm Abstand
1	7,20	8,06	40 mm	125	355	46,9	0,00943
2	13,66	14,33	50 »	170	483	33,7	0,006774
3	19,03	18,26	70 »	249	709	38,7	0,007768
4	22,01	20,24	70 »	246	699	34,5	0,006935
5	37,5	34,50	125 »	459	1304	37,8	0,007597

Das Argandlicht wechselt mit der Veränderung des Consums seine Farbe, sehr kleine Flammen sind im Allgemeinen blass und hell. Die rothe Farbe des Lichtes prägt sich mit steigender Flamme mehr und mehr aus und schliesslich besteht die

1) Innerhalb der genannten Grenzen beansprucht 1 Kerze 10,11 l Gas bei 18° und 745 mm Druck = 53,46 Cal. per 1 Kerze und 48,47 Cal. abzüglich der Verdampfungswärme des Wasserdampfes.

2) Die Quotienten $\frac{Gr.}{R.}$ müssen hier berücksichtigt werden.

Tendenz zum Russen. Gewisse Ungleichheiten der Beobachtungen lassen sich aus diesen Eigenthümlichkeiten der Flammen allein nicht erklären; wir müssen auf die späteren Betrachtungen, in denen auf den Einfluss, der sich anwärmenden festen Theile unserer Leuchtkörper Bezug genommen wird, verweisen.

Mit steigender Lichtmenge, das zeigt die Tabelle, nimmt im Allgemeinen auch die Wärmestrahlung zu, allein keineswegs genau im Verhältnis der Mehrproduction an Licht.

Die Zahlen zeichnen sich dadurch aus, dass die relativen Strahlungswerthe im Allgemeinen nur geringen Schwankungen unterliegen. Bei sehr geringer Lichtstärke von 7,2 Kerzen haben wir es noch mit einer ungünstigen Leuchtkraft und erheblicher Wärmestrahlung zu thun. Die weiteren Werthe von 13—37 Kerzen sind wenig different, obschon die grosse Flamme von 125 mm fast an der Grenze des Russens angekommen war.

Der Mittelwerth beträgt für die Flammen von 13—37 Kerzen für 1 Kerze **34,8°** Ausschlag des Galvanometers, ist demnach wesentlich höher als der eines frei brennenden Schnittbrenners, welcher für Lichtstärken von 20—24 Kerzen nur 26,5° Galvanometerausschlag lieferte, aber geringer als jener des Kerzenmateriales.

Einige orientirende Versuche an anderen Rundbrennern ergaben keinen Anlass zur weiteren Prüfung dieses Beleuchtungssystemes. Kleine Differenzen in der Strahlung liegen manchmal in der überflüssigen Anwendung von viel Metalltheilen, den Dimensionen und der Dicke der Glascylinder begründet.

Die von mir benützten Argandcylinder waren sämmtlich aus ziemlich starkem Glas. Die Dicke der Gläser kann man nicht nach den unmittelbaren Messungen etwa mittelst Tastenzirkels erfahren. Die wahre mittlere Dicke eines Glascylinders ist von den beiden sichtbaren Querschnitten oft sehr verschieden. Ich habe daher die Cylinder genau ausgemessen, ihre Oberfläche berechnet, das Glasgewicht genommen und berechnet wie viel Glasmasse auf den Quadratcentimeter entfällt. Da das Fensterglas, aus welchem die Glascylinder hergestellt werden, ein specifisches Gewicht von 2,6, jenes des Wassers = 1 gesetzt, hat,

so lässt sich die **mittlere Dicke des Glases** leicht berechnen. Offenbar kommen Cylinder der verschiedenartigsten Dicke in den Handel und es bleibt dem Zufall unterworfen, was man erhält. Der untersuchte Cylinder hatte 329,7 qcm-Oberfläche und 1,5 mm mittlere Dicke; andere Glascylinder hatten im Mittel 322 qcm Oberfläche und bis 1,87 mm Dicke. In neuerer Zeit werden auch vielfach Cylinder des Auerlichtes irrthümlich für den Argandbrenner benutzt. Die Ausmaasse der letzteren waren 21—22 : 4,7—4,5 (letzterer am äusseren Durchmesser gemessen); sie sind meist schwächer im Glas 1,2—1,3 mm Dicke.

Die Glasmasse wiegt bei den Argandlichtern etwa 125 und bei den Auerglühlichtern etwa 120.

Vor Jahren, als die Technik der Leuchtgasgewinnung noch weniger entwickelt war, versuchte man durch Behälter, die man mit leichtverdampfenden Kohlenwasserstoffen füllte und unterhalb den Brennern befestigte, die Leuchtkraft des Gases zu erhöhen. Diese Carburirung des Gases erfüllte nach manchen Richtungen hin vollkommen den gewünschten Zweck, aber die Resultate waren zu wenig gleichmässig. Seit längerer Zeit sind diese Carburirungsverfahren wesentlich zurückgegangen, obschon der hohe Preis guter Gaskohlen an manchen Orten die Anreicherung mit Kohlenwasserstoffen recht wünschenswerth macht, um dem ungünstigen Kohlenmaterial aufzuhelfen. Neuerdings hat man Carburirungsbehälter unmittelbar an die Gasuhren und die gemeinsamen Hauptstränge der Leitung angebracht. Die Carburirung ist nur in ganz bestimmten Fällen von Vortheil.

Heutzutage, wo das Auerlicht und ähnliche Systeme eine ungeahnte Ausbeute an Licht gestatten, sind diese älteren Methoden der Lichtverbesserung weniger von Belang. Auch die Methode der Vorwärmung von Luft und Gas, beim Siemensbrenner, der Wenhamlampe sinnreich verwerthet, können mit den genannten anderen Verbesserungen, was die Ausnützung der Leuchtkraft anlangt, schwer concurriren. Ich hatte daher auch [illegible] bei meinen Versuchen auf die ge[illegible]. Von der Carburirung ist, wie [illegible] Oelgas etc. anzunehmen.

dass die relative Wärmestrahlung weit geringer als bei dem gewöhnlichen Kohlengas sei.

Das Auer'sche Gasglühlicht.

Die Beleuchtungstechniker bemühen sich schon seit langer Zeit bei der Erzeugung von Licht an Stelle des Kohlenstoffes des üblichen Leuchtgases andere lichtausstrahlende Materien in demselben zum Glühen zu bringen. Einer der bekanntesten älteren Versuche dieser Art ist das sogenannte Platingas, d. h. eine Lichtquelle, bei welcher Platin durch Gas zum Leuchten gebraucht wurde. Die Versuche, eine praktische Verwerthung dieses Gedankens zu erreichen, kehren von Zeit zu Zeit wieder und haben wenigstens für gewisse Zwecke in dem Drummond-schen Kalklicht, oder dem Zirkonlicht, dauernd eine Verwirklichung gefunden.

Diese von dem gewöhnlichen Leuchtgaslicht verschiedenen Beleuchtungsweisen bieten den theoretisch wie praktisch wichtigen Vortheil, dass ihre Anwendung kein kohlestoffreiches Gas, welches, wegen des immerhin beschränkten Vorkommens dazu geeigneter Kohle, theuer ist, beansprucht, dass man sogar mit der billigsten aller Gassorten, dem Wassergas, dieselben gleich gut, wie mit dem besten an Kohlenwasserstoffen reichsten Leuchtgas bedienen könnte.

In dem letzten Jahrzehnt sind viele solche Erfindungen gemacht worden, welche als eine mehr oder minder gute Lösung des gestellten Problems gelten können, aber keine derselben kann mit dem von Auer angegebenen Gasglühlicht, was Leistungsfähigkeit anlangt, verglichen werden. Freilich mit einem Schlage wurde der bedeutungsvolle Umschwung gerade auch nicht gezeitigt. Das Gasglühlicht hat, ehe es in seiner jetzt nach vielen Richtungen hin befriedigenden Form entstanden ist, mancherlei Umwandlung seiner Construction durchgemacht.

Das Auerlicht, wie wir es kurzweg heissen wollen, wird bekanntlich dadurch erzeugt, dass in der Flamme einer durch Luftzuführung entleuchteten Gasflamme ein mit gewifsen Chemikalien getränktes Baumwollfadennetz aufgehängt wird. Dieses Netz wird

beim ersten Gebrauch des Lichtes ausgeglüht, die organische Substanz zerstört und das Aschegerüst bleibt zurück. Dieses Netz wird von der heissen Gasflamme förmlich durchdrungen; zu seiner Wirksamkeit ist erforderlich, dass es völlig in der heissen Zone der entleuchteten Gasmasse hänge. Der Brenner selbst war früher ähnlich einem Bunsenbrenner gehalten, der in der Mitte einen eisernen Stift zur Flammenvertheilung trug, heute ist die Flamme mehr verbreitert und der Brenner oben durch ein Drahtnetz geschlossen. Weiter auf die Construction einzugehen, dürfte jetzt, wo dieses Licht überall verbreitet ist, kaum mehr nöthig erscheinen.

Das Glühnetz besteht aus einer Mischung verschiedenartiger Erden; es wird angegeben, dass je nach der Farbe des Lichtes verschiedenartige Mischungen vorkommen. Es sollen darunter Salze zur Imprägnirung verwendet werden, in welchen die Elemente Cer, Didym, Erbium, Lanthan, Thorium, Yttrium und Zirkonium vertreten sind. Nach Mac-Kean [1]) enthalten Auerlichte mit weissem Farbenton 40 Thl. Lanthan, 20 Thl. Thorium, 40 Thl. Zirkonium oder 60 Thl. Lanthansalz, 40 Thl. Zirkonsalz oder 80 Thl. Thoriumsalz und 20 Thl. Yttrium u. s. w.

Seine Einführung in der Praxis hat allgemeines Interesse erregt durch die enorme Steigung des Leuchtwerthes unseres Leuchtgases. Wenn ein Schmetterlingsbrenner bei 150—180 Liter-Gas 11—14 Kerzen, ein Argandbrenner bei 180—220 Liter Stundenconsum 15—16 Kerzen liefert, so sollte ein Auerlicht der alten Construction bei 68 Liter Stundenconsum 25 Kerzen, also pro cbm Gas 379 Kerzen gegen 74—75 Kerzen bei der gewöhnlich üblichen Anwendungsweise des Leuchtgases geben.

Als vor einer Reihe von Jahren dieses Licht in den Handel kam, verschaffte ich mir eine Reihe solcher Brenner; die Glühnetze (Strümpfe) hingen damals an einem seitlich von dem Bunsenbrenner befestigten Träger; ihre Befestigung war etwas unsicher und namentlich die Einstellung in die Bunsenflamme nicht gerade leicht.

---

1) Vogel, Handbuch der Photographie, II, S. 114.

Das Licht überraschte allgemein durch seine mondscheinähnliche Farbe; es bestanden in der ersten Zeit, als die Industrie sich mit Herstellung solcher Brenner befasste, offenbar viele Ungleichheiten in der Composition der Netze, was sich schon durch Differenzen in der Farbe des Lichtes verrieth. Ich führte damals viele Lichtmessungen durch.

So gross wie damals in den Prospekten vielfach angegeben wurde, habe ich die Lichtstärke des Auerlichtes allerdings nur in der allerersten Zeit des Leuchtens gefunden. Es zeigte sich bei Benützung des Lichtes nämlich ziemlich bald eine Abnahme, die bei den einzelnen Brennern verschieden, im Allgemeinen aber sehr erheblich war. Die hellgrüne bogenlichtähnliche Farbe und der Glanz des Lichtes nahmen allmählich bis zur völligen Unbrauchbarkeit des Brenners ab. Wie Jedermann weiss, hat man bei dem elektrischen Glühlicht auch ähnliche Verhältnisse; auch dessen Leuchtkraft sinkt allmählich und schliesslich hat die Lampe das Ende ihrer „Lebensdauer" erreicht, sie muss erneuert werden. Aber damals, als man die Auerlichtbeleuchtung einführen wollte, war man doch über die schnell vor sich gehende Abnützung des Brenners etwas überrascht und zum Theil hat dieser Umstand mit dazu beigetragen, ihn aus der Praxis, nachdem er kaum seinen froh begrüssten Einzug in die Technik gefeiert hatte, wieder zu verdrängen.

Nachstehende Tabelle enthält eine Reihe solcher Messungen über den Gasconsum und die Lichtstärke: die letztere wurde mit dem Weber'schen Photometer gemessen, für welche ich mir die Constanten direct mittelst der Normalparaffinkerze bestimmt hatte. Da zumeist die Constantenbestimmung für das Weber'sche Photometer nach Spermacetkerzen angegeben wird, habe ich dieselben im letzten Stabe noch beigefügt.[1]) Die Brenndauer, welche den Messungen vorausging, mag etwa 40—60 Stunden betragen haben. Ich hatte bei verschiedenen Brennern keinen nennenswerthen Unterschied gefunden.

1) 1 Normalparaffin-Kerze = 1,13 Spermacetkerzen. S. bei Krüss, Photometrie, S. 137.

Tabelle XIX.

Serien-Nr.	Brenner	Gasconsum in Lit. pro Std.	Licht in Normalparaffinkerzen (k. J.)	1 cbm Gas liefert pro Stunde Kerzen	Gesammtmittel
1	Argandbrenner	191,3	22,1	115,5	
2		211,1	20,6	97,6	98,9
3		220,0	20,8	94,4	(= 101,7
4		224,2	23,5	104,7	Spermacetk.)
5		275,5	22,8	82,7	
6	Auer's Brenner ält. Construction	52,8	7,7	146,9	
7		58,2	7,8	134,0	
8		60,4	11,1	183,0	
9		59,2	9,3	157,1	
10		63,0	10,7	170,0	158,0
11		66,5	9,9	148,9	(= 178,5
12		70,3	10,9	155,0	Spermacetk.)
13		73,1	12,9	176,3	
14		75,7	12,5	165,1	
15		78,9	11,3	143,6	

Immerhin war also schon damals das Auerlicht eine wesentliche Verbesserung der bisherigen Beleuchtungsweise,[1]) indem es auch zu einer Zeit, wo der Brenner die erste gute Leistung schon hinter sich hatte, erheblich an Gas einzusparen erlaubte.

Trotzdem kam das Auerlicht keineswegs zu einer ausgedehnten Anwendung; allerdings wurde vielfach das Licht beschafft, aber bald wieder aufgegeben. Die Gründe waren verschiedene. Zunächst waren die Netze für ihre Brüchigkeit schlecht aufgehängt und gingen durch Stoss schnell zu Verlust, damals war auch die Lichtquelle viel zu klein gewählt, die Lampen gaben etwa 10—12 Kerzen statt der vielfach angenommenen 25 Kerzen, die Leuchtkraft war veränderlich und ging verhältnissmässig bald erheblich zurück. Das günstigste Resultat, welches ich damals (1886) erreichte, ist in relativen Zahlen in vorstehender Tabelle eingetragen.

1) Für 100 Kerzen Helligkeit war in 1 Stunde der Gasverbrauch beim Argandbrenner 1,01 cbm, beim Auerlicht 0,63 cbm.

Eine grössere Helligkeit als 12,9 Kerzen habe ich nach den ersten Tagen, trotz sorgfältiger Einstellung der Glühkörper nicht finden können. Diese Kleinheit der Lichtquelle hat wesentlich mit zur Enttäuschung über das neue Beleuchtungsverfahren beigetragen; denn man setzte planlos an Stelle der früheren Argandbrenner von 22—26 Kerzenhelligkeit als Aequivalent die neue Lampe mit 12—13 Kerzen. Was die Strahlung anlangt, so habe ich mit diesen Auerbrennern älteren Systems eine grosse Anzahl von Vergleichungen mit Schnittbrennern und Argandbrennern ausgeführt, deren einzelne Serienwerthe in folgender Tabelle enthalten sind.[1])

Tabelle XX.

Strahlung auf 1 Kerze Helligkeit und 35 cm Abstand berechnet in ° des Multiplicators.

Schnittbrenner			Argandbrenner			Auerbrenner		
Nr. d. Versuchsreihe	Beobacht. bei einem Abstand von	Berechn. auf einen Abstand v. 35 cm	Nr. d. Versuchsreihe	Abstand von der Thermosäule	Ausschlag berechn. für 35 cm Abstand	Nr. d. Versuchsreihe	Abstand von der Thermosäule	Ausschlag berechn. für 35 cm Abstand
1	80	7,29	1	100	6,68	1	80	3,64
2	60	6,89	2	140	5,90	2	80	3,15
3	45	6,91	3	66	7,22	3	80	4,03
4	55	8,62	4	140	5,71	4	80	4,04
5	77	7,10	5	100	7,27	5	79	4,80
6	99	6,14				6	110	3,00
7	45	6,14				7	45	4,47
8	94	7,52				8	115	5,20
9	67	8,84				9	82	5,95

Es ist in Graden des Multiplikators angegeben, wie gross pro Kerze die Strahlung nach der Thermosäule war. Die Gesammtmittel der relativen Strahlung betrug

beim Schnittbrenner . . . 7,27
„ Argandbrenner . . . 6,55
„ Auerbrenner . . . 4,23.

Die Strahlung der Auerbrenner war also wesentlich kleiner wie jene eines Argand, entsprach aber im Allgemeinen der Verringerung, welche der Gasconsum eines Auerlichtes im Verhältnis zum Argandlicht zeigte.

1) Beim Argand- wie Auerlicht wurde das obere Drittel der Cylinder durch einen Schirm abgeblendet.

An der Ausstrahlung des Auerlichtes waren nicht allein der Glühkörper, sondern noch manche andere Theile der Lampe betheiligt. Wäre dieser Umstand nicht so schwerwiegend, so würde gewiss die relative Strahlung des Auerlichtes noch kleiner gefunden worden sein, als dem wirklich war.

Die ältere Auerlampe hatte in dem Luftvertheiler inmitten des Bunsenbrenners einen Körper, der erheblich Wärme nach Aussen abgab, ohne bei der Lichterzeugung betheiligt zu sein und auch die Aufhängung gab im Verhältnis zum Argand, der dieser Theile nicht bedarf, dunkle Wärme nach Aussen. Trotz des kleinen Stundenconsums hatte ein älterer Auerbrenner ganz die Grösse eines Argand, was nur ungünstig auf die Strahlung wirken kann. Es ist dann ebenso, als hätten wir einen Argand mit zu kleiner Flamme gebrannt. Wir haben dabei gesehen, dass die dunkle Wärmestrahlung erheblich und im Verhältnis zum Licht gesteigert wird.

Trotz alledem war der Glascylinder eines Auerlichtes nicht ohne Nutzen für die Behinderung der Strahlung.

Ein Auer'sches Gasglühlicht alter Construction gab frei strahlend 28,0° Ausschlag des Multiplikators, mit Cylinder dagegen nur 11,0°; die Wärmestrahlung der Lampe mit Cylinder verhielt sich zu jener ohne Cylinder also wie 100 : 254. Nach Hinwegnahme des Glühkörpers strahlte der freie Brenner (in anderer Entfernung als beim vorigen Versuch) 26,7° aus, mit dem Glascylinder aber nur 11,3°.

Das Auerlicht hat jetzt mannigfache Verbesserungen erhalten. Es ist zu einer grösseren Lichtquelle gemacht worden. Das Glühnetz sitzt unten gleichmässig auf dem verbesserten Bunsenbrenner auf und wird durch eine gerade, aus der Mitte des Brenners aufsteigende Stütze getragen. Die Stetigkeit hat also eine vortheilhafte Aenderung erlitten; aber auch die Leuchtmasse selbst ist besser und dauerhafter geworden. Diese Verbesserungen rühren zumeist aus den Jahren 1891 und 1892 her.

Fänrich berichtete 1892 auf der Jahresversammlung Deutscher Gas- und Wasserfachmänner über die neue Verbesserung des Auerlichtes; während man früher nach seiner Angabe bei

70 Lit. Stundenconsum nur 13 Normalkerzen erhielt (= 185 p. cbm.), macht er darauf aufmerksam, dass der neue verbesserte Brenner bei 95—120 l. Stundenconsum 48—80 Normalkerzen liefere. Die Abnahme der Lichtstärke trat aber bei dem neuen Brenner gleichfalls hervor.

Von 48 Hefnerlichtern sank die Helligkeit nach 96 Stunden auf 43, dann bis zur 360. Stunde auf 36; in einem anderen Fall von 84 Hefnerlichtern in 384 Stunden auf 29 (d. h. es sank die Lichtstärke um — 65 %).

Die neueren Gasglühlichter wechseln in ihrem Quotienten $\frac{Gr.}{R.}$, zwischen 1,5—2,5 (zumeist der höheren Zahl näher stehend) und in dem Werthe *k* zwischen 1,1 und 1,87. Aehnlich hohe Quotienten habe ich gelegentlich wohl auch bei Auerlichter älterer Construction, allerdings nur vorübergehend, beobachtet.

Ziemlich ausgedehnte Versuche über die Leuchtkraft und ihre Abnahme mit der Consumzeit sind von W. v. Oechelhäuser[1]) in Dessau angestellt worden, aus denen hervorgeht, dass die Lichtabnahme in 500 Stunden im Mittel bei Lampen verschiedener Herkunft 22,4 % betrug, indess die Sorte Berlin II bezeichnet, aber nur um 12,4 % absank, nach 800 Brennstunden waren im Gesammtmittel 43,9 % verloren gegangen, bei Berlin II nur 16,3 %. Da die elektrischen Glühlampen nach Thomas, Hasler und Martin in 500 Stunden 28,7 % Leuchtkraft verlieren, und in 800 Stunden 38,5, so hätten die Gasglühlampen im Allgemeinen sich ebenso gut, die Sorte Berlin II aber besser als die elektrische Glühlampe sich bewährt[2]); hoher Gasdruck erhöht die Leuchtkraft, ohne die Lebensdauer der Lampen abzukürzen, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze.

Nach den neuen Untersuchungen über Auerlicht steht auch fest, dass die Ausnützung von Leuchtgas in den Auerbrennern allen Regenerativbrennern unbedingt überlegen ist. Das Auerlicht kann sogar, was bisher ausgeschlossen schien, der billigen

1) Die Steinkohlengasanstalten als Licht-, Wärme- und Kraft-Centralen von W. v. Oechelhäuser. Dessau 1893, S. 33.

2) a. a. O., dasselbe.

Petroleumbeleuchtung Concurrenz machen. In Berlin sollen 16 Kerzen Auerlicht stündlich 1 Pfg. inclusive aller Unterhaltungsgebühren kosten. Die gleiche Lichtmenge im Petroleumbrenner kostet exclusive der Unterhaltungskosten 1—1,4 Pfg. Dies Resultat wird meiner Meinung nach nur bei allersorgsamsten Gebrauch des Auerbrenners zu erreichen sein.

Die erzielten Lichtmengen hängen bei dem Auerlicht aus verschiedenen Gründen wesentlich vom Gasdruck mit ab; manchmal reicht der Gasdruck nicht aus, eine Flamme zu erzeugen, in welcher das Glühnetz gewissermaassen ganz versenkt ist. Dann gerathen natürlich auch nur Theile des Netzes in Gluth und der Nutzeffect des ganzen Beleuchtungssystems wird herabgesetzt.

Vogel hat bei Anwendung von Pressgas statt 32 Hefnerlichten bei gewöhnlichem Druck 128 Hefnerlichte erhalten, zugleich unter relativer Gasersparniss.[1])

Der günstigste Lichteffect wird bei dem Auerlicht natürlich nur unter ganz bestimmten Verhältnissen erreicht.

Für die Beurtheilung des Werthes in der Praxis kann man sich an solche Laboratoriumsstudien nicht immer halten; manche technische Einrichtungen verlieren durch die Schwierigkeiten des Gebrauchs an Gebrauchswerth. Es wird einer mehrjährigen Erziehung des Publikums bedürfen, bis dasselbe mit dem Gebrauch des Auerlichtes ganz vertraut ist. Man kann nicht wahllos für alle Beleuchtungszwecke das Auerlicht empfehlen. Es ist hier nicht der Platz, auf diese Fragen näher einzugehen.

Wir haben die Auerbrenner montiren lassen, wo dies die Regel ist, und dann den Brenner so stark geöffnet, bis wir die maximalste Lichtstärke erhielten. Oeffnet man, wie das in praxi oft geschieht, den Hahn weiter, so bedeutet dies einen unnützen Gasverbrauch.

Die folgenden Messungen verstehen sich immer für ausreichenden Gasdruck; wenn man sich mit diesem Brenner etwas vertraut gemacht hat, ist es leicht zu beurtheilen, ob der Druck zum vollen Brand genügt oder nicht.

---

1) Vogel, Handbuch der Photographie, II, S. 115.

Dem neuen Auerlicht wird eine ausserordentlich grosse Gasersparnis nachgerühmt.

Mit diesen günstigen Angaben über den geringen Leuchtgasconsum stehen unsere Messungen des Auerlichtes im Einklang. Ich habe in folgender Tabelle eine Serie von Messungen aufgeführt, welche an zwei verschiedenen Auerbrennern, die seit kurzer Zeit in Benützung genommen waren, angestellt worden sind. Wir haben Lichtmengen bis zu 642 Kerzen pro 1 cbm Gas erhalten.

Tabelle XXI.

Serie	Gasconsum pro Stunde[1])	Helligkeit (K. J.) per Cubikm. in Spermacetkerz.
1	79,0	526,8
2	84,0	642,0
3	90,0	636,2
4	82,0	613,2

Es ist von vorneherein zu hoffen, dass wegen des geringen Gasconsums im Allgemeinen das Auerlicht auch ausserordentlich günstig — bezüglich der Wärmestrahlung — stehen wird. Allerdings wird durch das glühende Netz viel Licht wie Wärme nach Aussen gesandt, aber diese Steigerung erreicht nicht reciprok jenen Werth der Verminderung der Gesammtwärmeproduction, welcher durch die Höhe der Leuchtkraft in anderer Richtung gewonnen wird.

Die Werthe über die Strahlung finden sich in Tabelle XXII zusammengestellt.

Tabelle XXII.
Das Auerlicht neu. (Galvanometer B.)

Serie	Lichtmenge des Auerlichts in Spermac. (k. J.)	Galvanometer-Ausschlag für 128,5 cm in °	Auf 1 Kerze Helligkeit berechnet in °	Grcal. pr. 1 Min. und 1 qcm und 37,5 cm Abstand
2	64,82	67,5	12,13	0,00116
3	57,26	67,0	13,63	0,00131
4	57,26	66,0	13,43	0,00129

Die Wärmestrahlung des Auerlichtes ist unter allen bisher betrachteten Lichtquellen weitaus die

1) Temperatur 20,4 bis 20,5°, 757,0 mm Druck.

geringste. Wir wollen uns mit diesem allgemeinen Urtheil vorläufig genügen lassen und erst später einen näheren und eingehenderen Vergleich mit den anderen, dem Auerlicht in seinem Gebrauche nahestehenden Lichtarten, anstellen.

Gleich günstig wird die Wärmestrahlung des neuen Auerlichtes freilich nicht unter allen Umständen sein, sie nimmt z. B. sicherlich mit der Brennzeit zu. Wir haben ja erfahren, dass bei gleichem Gasconsum nach einiger Zeit weniger Licht erzeugt wird, als am Anfang.

Ich füge deshalb einige Beobachtungen nach dieser Richtung noch bei.

Der Auer'sche Brenner, der zur vorstehenden Untersuchung verwendet worden war, wurde sodann vom 5. bis 23. November Tag und Nacht brennen gelassen = 18 Tage = 432 Stunden. Sein Consum betrug im Durchschnitt 2,338 cbm. im Tag = 97,4 l. pro Stunde.

Am 23. November 94 wurde Folgendes gefunden:

Lichtstärke 36,00 Spermacetkerzen (k. J.) bei 77 l. Consum = 467,5 Kerzen pro 1 cbm. Der Quotient $\frac{Gr.}{R.}$ war 2,52; in 128 cm Entfernung betrug der Ausschlag des Galvanometers im Mittel mehrerer Messungen 72 Sc.-Theile.

Demnach wäre die Strahlung, auf 37,5 cm und 1 Kerze berechnet, = 22 Sc.-Theile. Sie hatte demnach relativ zugenommen.

Da ich früher zu Anfang der Reihe 613 Kerzen pro 1 cbm. erhalten hatte, nach 432 Brennstunden aber nur mehr 467,5, so hatte die Leuchtkraft von 100 auf 76,2 abgenommen, d. h. um 23,8 %. Diese Zahl stimmt gut mit einem Ergebnis von Oechelhäuser, der in 500 Brennstunden im Mittel einen Abfall von 22,4 % erhielt.

Die Resultate für 500 Brennstunden sind gleichfalls in Tab. XXIII (S. 271) angegeben.

Ich habe noch die Beobachtung an 4 anderen Gasglühlichtern beigefügt. Brenner I und II sind seit kurzer Zeit in Gebrauch. Brenner III seit etwa 2 Monaten mit einigen Brennstunden im Tag, Brenner IV hatte etwa 200 Brennstunden hinter sich.

Tabelle XXIII.

Gebrauchte Auerlichte. (Galvanometer B.)

Bemerkung	Lichtmenge in Spermacetkerzen k. J.	Galvan.-Ausschl. pr. 37,5 cm	Ausschlag pr. 37,5 cm u. 1 Kerze	Wärme pr. 1 qcm u. 1 Min. bei 37,5 Abstd. in m-cal.
432 Brennstunden . . .	36,00	—	22,0	2,11
500 »	38,60	926,5	24,2	2,32
Andere Auerbrenner (I) .	66,41	846,0	13,13	1,26
» » (II)	69,71	986,8	14,15	1,36
» » (III)	66,26	846,0	12,76	1,23
(IV)	46,80	866,1	18,50	1,78

Die Beobachtungen gaben das gemeinsame Resultat, dass das Auerlicht eine ganz ungewöhnlich geringe Wärmestrahlung besitzt. Nach längerem Gebrauch nimmt die relative Wärmestrahlung etwas zu, dies beruht vielleicht auf einer chemischen Veränderung des Glühkörpers, wahrscheinlich ist aber die Aenderung auf gewisse Formveränderungen der Netze und ihrer Aufhängung zurückzuführen, wodurch einige Parthien des Netzes nicht mehr so günstig in der Flamme liegen wie ehedem. Eine schwach glühende Stelle gibt fast nur dunkle Strahlung ab.

In neuester Zeit tauchen fast täglich neue Gasglühlichtbrenner auf, und die Brenner wechseln fortwährend ihre Eigenschaften, ein Zeichen, dass die Erfinder noch fortwährend an der Verbesserung arbeiten.

Dem Auerlichte sind sie in ihrer Construction sehr ähnlich, aber alle von mir untersuchten weisen einen grösseren Gasconsum und grössere Strahlung auf. (Siehe Tabelle XXIV auf S. 272.)

Ich habe zum Vergleiche einige in nachstehender Tabelle angefügt; sämmtliche sind ohne Glascylinder mit einander verglichen worden. Man sieht, dass der Hauptvortheil des Auerlichtes in seinem geringen Gasconsum und seiner ganz ungewöhnlich geringen Strahlung zu suchen ist. Gerade die Strahlungsbestimmung gibt ein ganz vorzügliches Bild für die Leistungsfähigkeit von Brennern dieser Art. Ein Auerlicht von über 450 Brennstunden war noch immer besser als die Brenner der übrigen Systeme.

Tabelle XXIV.
Gasglühlichtbrenner ohne Cylinder.

Bezeichnung	1 cbm Gas liefert Licht Spermac. K. J.	Auf 1 Kerze Strahlung pro 37,5 cm
Auer (neu)	613,0	20,96
Auer (neu) nach 4,50 berusst	467,0	67,00
Tr. (neu)	—	81,40
Bl. (neu)	—	136,8
Bi. (neu)	—	294,8

Nach Ablauf eines Monats hatten sich die Verhältnisse bereits wieder etwas verschoben. Ich prüfte die betreffenden Systeme bei grösstem Gasdruck und unter Anwendung desselben Glascylinders um die von diesem etwa bedingten Unterschiede abzugleichen und erhielt:

Tabelle XXV.
Verwandte Glühlichtsysteme. (Galvanometer B.)

Bezeichnung	Lichtmenge in Spermac.-kerzen k. J.	Galvanom.-Ausschlag pro 37,5 cm	Ausschlag pro 37,5 cm und 1 Kerze	Wärme pr. 1 qcm u. 1 Min. bei 37,5 Abstd. in m-cal.
Tr.	40,13	906,4	22,60	3,17
Gr.	56,28	886,2	15,74	1,51
Bl.	29,02	1128,0	38,86	3,74

Das Tr.-Licht wird von dem Gr.-Brenner an geringer Strahlung übertroffen, ungünstiger stellt sich der Bl.-Brenner; aber auch diese Strahlungswerthe sind, verglichen mit unseren anderen Beleuchtungssystemen, sehr geringe. Der principielle Unterschied dieser verschiedenen Systeme liegt wesentlich in dem sehr ungleichen Gasconsum, welchen sie aufweisen und der hygienisch nicht ohne Bedeutung ist.

Mehrere dem Auerlichte verwandten Systeme haben die unangenehme Eigenschaft, dass sie nur in ruhigen Brand zu bringen sind, wenn der Gasdruck ein sehr hoher ist.

Zur Zeit als diese Messungen mit dem Auerlicht ausgeführt worden waren, habe ich das Berliner Leuchtgas des Öfteren und

auch gleichzeitig mit den photometrischen Messungen selbst auf seinen Brennwerth untersucht.

Ich benützte zur Verbrennungsbestimmung das Junker'sche Calorimeter, das in neuester Zeit in die Technik eingeführt worden ist. Das Princip des Apparats ist ausserordentlich einfach.

Das mit einer Gasuhr gemessene Gas wird mittelst eines Bunsenbrenners verbrannt. Die Verbrennungsproducte geben ihre Wärme an das einem verticalen Cylinder ähnlich sehende Calorimeter ab. Der Calorimetercylinder, aussen vernickelt, wird von einem System von Röhren durchzogen, welche durch Wasser aus der Leitung gespeist werden. Um den Strom gleichmässig zu machen, gelangt das Leitungswasser erst nach einem Ueberlauf, so dass der Druck constant bleibt, der Ablauf wird mittelst eines mit Gradtheilung versehenen Hahnes regulirt. Die unten in den Cylinder eintretende Luft steigt mit den Verbrennungsgasen in die Höhe, kühlt sich ab und fällt, fast einen Kreislauf vollendend und auf Stubentemperatur abgekühlt, nahe dem unteren Rande aus dem Calorimeter. Sie muss gemessen werden, da die Luft ja weder wärmer noch kälter sein soll als die Stubenluft. Was die Luft an Wasserdampf nicht aufnehmen kann, schlägt sich im Innern des Apparats nieder und sammelt sich in einem untergestellten Cylinder an.

Die Berechnung der Versuche ist ausserordentlich einfach. Man notirt die Temperatur des in den Apparat einströmenden und des abströmenden Wassers und multiplicirt die Differenz mit der Menge des abströmenden Wassers.

Eine kleine Ungenauigkeit bedingt nur der Umstand, dass etwas Wasserdampf von der Verbrennungsluft aufgenommen wird und nicht zur Condensation gelangt.

Die Controlle des Apparats ist von anderer Seite mittelst elektrolytischem Wasserstoffgas, Wassergas und Dowsongas ausgeführt worden und befriedigend ausgefallen.[1])

1) Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Dr. Bueb, Dessau.

Ich habe das Calorimeter in meinem Laboratorium näher untersuchen lassen und werde über diese Frage der Calorimetrie, des Leuchtgases und den Brennwerth des Berliner Gases an anderer Stelle berichten lassen.

Der Wärmewerth des Berliner Gases betrug zur Zeit der genannten Messungen bei 18° Stubenwärme und 755 m Druck:

5650		5850
5650		5750
5500		5350
5350		5700
5550	Cal. p. 1 l.	5550

Im Verlaufe mehrerer Wochen kamen aber freilich Schwankungen zur Beobachtung, auf welche einzugehen hier nicht der Platz ist. Im Mittel habe ich 5620 Cal. p. 1 l des betreffenden Gases anzunehmen. Davon sind 0,540 Cal. für die latente Wärme des Wasserdampfes abzuziehen, so dass als natürliche Verbrennungswärme 5,080 Cal. verblieben.

Auf Grund dieser Zahlen habe ich die Wärmeentwicklung durch Auer'sches Glühlicht näher berechnet. Zu Grunde gelegt wurden die Verhältnisse der erst seit Kurzem in Gebrauch befindlichen Brenner; für andere Bedürfnisse erlauben die Zahlen leicht eine entsprechende Umrechnung.

Tabelle XXVI.

Lichtmenge	Gasconsum pro 1 Kerze [1]) Liter pr. Stunde	Cal. pro 1 Stunde und 1 Kerze	Cal. nach Abzug des Wassers	Strahlung pro 1 Kerze in grcal.
64,82	1,56	8,77	7,92	0,00116
57,26	1,57	8,82	7,97	0,00131
57,26	1,64	9,23	8,33	0,00129

Die Wärmeentwicklung pro 1 Kerzenhelligkeit ist also eine ungemein geringe.

Verwandt mit dem Auerlicht sind nach der Herstellungsweise noch das Drummond'sche Kalk und das Zirkonlicht. Beide haben aber eine allgemeinere Verwendung für Beleuchtungs-

1) Die absoluten Werthe s. Seite 269, 2, 3, 4.

zwecke nicht gefunden und dienen wesentlich nur Laboratoriumsarbeiten speciell für Projectionen oder zur Beleuchtung bei Ausführung von Photographien. Ich habe daher von den beiden Beleuchtungsarten und ihrer Untersuchung abgesehen.

Magnesiumlicht.

Das Magnesiumlicht verdient vom Standpunkte der Hygiene aus keine Erwähnung; es ist zwar eine ausserordentlich helle Lichtquelle, aber die sorgfältigst gearbeiteten Apparate für Magnesiumlicht geben eine ganz unregelmässige Beleuchtung. Meist bestehen die Apparate (Süss'sche Lampe) aus einem Uhrwerk, welches Magnesiumbänder aus einer Oeffnung gleichmässig hervortreten lässt. Die Unregelmässigkeit der Lichtquelle wird durch das Haftenbleiben von Magnesia an den Metallbändern hervorgerufen. Die Magnesia dreht sich und so bietet sich ein fortwährender Wechsel der ausstrahlenden Fläche und damit auch des Lichtes: der sich in den Zimmern anhäufende Magnesiadampf bildet eine sehr unangenehme Beigabe dieser Beleuchtung. Wenn man einigermaassen brauchbare Resultate gewinnen will, muss man Dutzende von photometrischen und galvanometrischen Ablesungen machen. Wir werden später bei den allgemeinen Besprechungen über Licht und Wärme genöthigt sein, die Eigenthümlichkeiten des Magnesiumlichtes zu untersuchen, daher mag die folgende Zusammenstellung meiner Messung hier im Rahmen dieser Arbeit erwähnt sein. Meine Magnesiumlampe lieferte: [1])

Tabelle XXVII.
Magnesiumlicht.

Spermacetkerzen k. J.	Strahlung pr. 37,5 in ° d. Galvan. B.	Strahlg. pr. 1 Kerze u. 37,5 cm Abstand	Strahlung pr. 1 Kerze in gr-cal. pr. 37,5 cm Abstand, 1 qcm, 1 Min.
221,5	1180,0	5,32	0,00051

Das Magnesiumlicht stellt also eine starke Lichtquelle dar; es erinnert in seiner spectroskopischen Zusammensetzung an das Bogenlicht. Die Wärmestrahlung erscheint ungemein gering, für 1 Kerze Helligkeit treffen nur 0,5 M-Cal. pr. 1 qcm in der

1) Ohne den üblichen Reflector.

Minute; der kleinste Werth, den wir bisher kennen gelernt haben. Die Wärmeentwicklung ist ungemein gering; meine Lampe verzehrte pro Stunde 31,44 g Magnesiumband. 1 g Magnesium liefert nach Thomsen 6077,5, nach Rogers 6010 cal. Aus gewissen Gründen halte ich den letzten Werth für den zutreffenderen. Sonach hatten 227 Kerzen[1]) 188,9 Cal. oder 1 Kerze 0,832 Cal. geliefert.

Aehnlich dem Magnesiumlicht scheint sich das in neuerer Zeit empfohlene Aluminiumlicht zu verhalten; Aluminium verbrennt als Draht oder als dünnes Band ebenso wie das Magnesium. Die Farbe des Lichtes ist bläulich bis violettweiss. Es hat für photographische Zwecke Verwendung gefunden und scheint dem Magnesiumlicht in seinen Wirkungen analog zu sein. Eine Ursache, näher auf diese Lichtquelle einzugehen, lag für unsere Ziele der Untersuchung nicht vor.

Das elektrische Glühlicht.

Das elektrische Glühlicht hat der Einführung der Elektricität in ausserordentlich hohem Maasse Vorschub geleistet. Der angenehme Farbenton sticht wohlthuend gegen die Härte des Bogenlichts ab und die Kleinheit der Lichtquellen, ihre bequeme Montirung macht sie zur häuslichen Beleuchtung besonders tauglich.

Die zur Verwendung kommenden Lampensysteme sind heutzutage recht mannigfaltige, und es ist gewiss im Einzelnen nicht gleichgültig, welche Lampe angewendet wird. Ich habe mich beschränkt auf die Untersuchung einiger Edisonlampen verschiedener Grösse und überlasse es anderen Arbeiten meines Laboratoriums, die specifischen Eigenthümlichkeiten anderer Systeme zu prüfen.

Auch hier bei dem elektrischen Lichte kommt es, wie ich schon für andere Fälle ausreichend betont habe, nicht allein auf die Eigenart der Wärmeabgabe der durch den elektrischen Strom glühend gemachten Spirale an, sondern es spielen Nebenumstände wie die Grösse der Glashülle[2]) u. dgl. eine nicht unwichtige Rolle.

---

1) Hier konnte die räumliche Helligkeit nicht gemessen werden.

2) Die Glashülle ist bei den Glühlampen sehr dünn; ich habe eine 16kerzige Edisonlampe zerschnitten und die Dicke des Glases zu 0,4 bis 0,6 mm (zumeist näher dem kleinen Werth) gefunden. Die Glasmenge wog 18,0 g.

Die von mir benutzten Glühlampen waren fast ungebraucht; dies ist von Wichtigkeit, da bekanntlich bei diesen mit ihrer Lebensdauer bei gleichem Strom die Leistungsfähigkeit abnimmt. Nach 1000 Brennstunden haben die Lampen nur mehr 64% ihrer früheren Leistungsfähigkeit. Andere verlieren ihre Leuchtkraft noch weit rascher. Die Lebensdauer hängt übrigens auch ungemein von dem richtigen Gebrauch der Lampe ab; jede übermässige Inanspruchnahme durch zu starken Strom verkürzt die Dauer der Verwendbarkeit einer Lampe.

Die Ausstrahlung der Glühlampe für Licht, und wie wir gleich vorausschicken wollen, für Wärme, ist nicht nach allen Richtungen dieselbe. Die Art der Vertheilung des Lichtes im Raume hängt von mancherlei Nebenumständen, namentlich von der Beschaffenheit, Dicke, Breite, Form des Kohlenfadens ab. Auch die Lichtreflexion im Innern der Glashülle spielt eine Rolle.

Ich bemerke ein für allemal, dass die Glühlampen bei den Messungen immer dieselbe Stellung erhielten und zwar wurde, wenn nichts anderes angegeben, immer so gemessen, dass eine Gerade, von der Thermosäule nach der Lampe gerichtet, die Ebene des Kohlenbügels senkrecht traf.

Den elektrischen Strom entnahm ich aus der Leitung des Instituts; gemessen wurde derselbe mit einem der üblichen Voltmesser und mit einem Ampèremeter, welcher noch 0,1 Amp. abzulesen gestattete. — Die Messungen wurden oft wiederholt und die Mittel gebildet; in jedem Falle wurde die Anzahl der grünen und rothen Kerzen bestimmt und aus dem Quotienten dann nach den von Weber angegebenen Tabellen der Werth k abgeleitet. Eine Veranlassung zu neuen Erhebungen für k lag nicht vor; ich pflegte je drei Reihen mit jeder Lampe durchzuführen: die eine bei einer Lichtstärke, die nahe der Rothgluth lag, eine nahe der Leistungsgrenze der Lampe und eine dritte dazwischenliegend. Regulirt wurde der Strom mittelst eines Nickelinrheostaten. Bei Prüfung der Strahlung beeinflusst der Strom in etwas die Ablenkung des Spiegels; man muss also in diesem Falle den 0-Punkt mit besonderer Sorgfalt feststellen und wird natürlich nicht näher mit der Lampe an die Thermo-

säule heranrücken, als unbedingt im Interesse der Messung nothwendig erscheint.

Betrachten wir die kleinste Lampe, so zeigt dieselbe bei kleinster Lichtmenge die stärkste Austrahlung. Mit dem Wachsen des Stromes nimmt auch die absolute Quantität der ausgestrahlten Wärme zu, die Lichtmenge wächst aber viel bedeutender als die Wärmeproduction und Strahlung, daher sehen wir den pro 1 Kerze treffenden Strahlungswerth immer mehr sinken. Bei 11 Kerzenhelligkeit war die Strahlungsgrösse nur mehr $^1/_{12}$ so gross wie bei der kleinsten Lichtmenge von 0,3 Kerzen.

Tabelle XXVIII.

Elektrische Glühlampe (kleinere Sorte).

Nr.	Volt	Ampère	Lichtmenge in Spermacetkerzen	Strahlung in ° d. Galvan. B. pro 37,5 cm Entfern.	Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm Entfern.
1	111	0,32	0,328	105,3	321,2
2	111	0,42	1,73	234,5	135,5
3	111	0,55	11,06	365,7	26,3

Ein ganz analoges Resultat erhielt ich bei der mittleren Lampe.

Tabelle XXIX.

Elektrische Glühlampe (Edison, mittlere Sorte).

Nr.	Volt	Ampère	Lichtmenge in Spermacetkerzen	Strahlung in ° d. Galvan. B. pro 37,5 cm Abstand	Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm Abstand
1	111	1,20	2,12	573,3	270,8
2	111	1,37	8,76	682,7	77,9
3	111	1,75	29,63	928,5	31,37

Mit der Zunahme des Stromes wächst die ausgestrahlte Wärme; aber auch hier nimmt das Licht so ungemein rasch zu, dass die Strahlungswerthe, pro 1 Kerze Helligkeit berechnet immer mehr absinken; sie fallen für den höchsten Werth aber nicht so weit wie im vorhergehenden Falle. Dies rührt wohl zum Theil davon daher, dass die Lampe nicht ganz bis an die Grenze ihrer besten Leistungsfähigkeit gebracht war.

Die grössere Edisonlampe, welche ich benützte, gab ungefähr soviel Licht als ein guter, neuer Auerbrenner.

Tabelle XXX.
50kerzige Edisonlampe.

Nr.	Volt	Ampère	Lichtmenge in Spermacetkerzen (k. J.)	Strahlung in ° d. Galvanom. für 37,5 cm Abstand	Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm Abstand
1	107	0,84	0,80	517,5	646,90
2	107	1,06	10,28	862,5	83,90
3	107	2,35	69,67	1725,0	24,76
4	110	2,20	65,80	2539,0	38,59
5	109	1,30	3,92	1027,0	262,0

Auch hier hat sich nichts ergeben, was mit dem Vorstehenden etwa nicht im Einklang stünde. Die Wärmemenge der Lampe ist schon beim Beginne des Roth-Leuchtens und 0,8 Kerzenhelligkeit sehr gross. Sie steigt mit wachsendem Strome nur langsam, die Lichtfülle aber noch rascher wie die strahlende Wärme. Pro Kerze Helligkeit treffen im günstigsten Falle 24—26 Sc. Strahlung, was annähernd der Strahlung mit der kleinen Lampe gleichkommt. Es ist aber, wie ich meine, in hohem Maasse bemerkenswerth, dass die Strahlung immer noch doppelt so gross ist als cet. paribus bei einem Auergasglühlicht. Während man früher mit Recht dem elektrischen Licht gegenüber die starke Hitze und Strahlung der Leuchtgasbeleuchtung betonte, gilt dieser Einwand gegen das Gas heutzutage, wie vorstehende Zahlen beweisen, nicht mehr.

Um die Abhängigkeit der Strahlung von der Grösse der Helligkeit in noch grösseren Intervallen sicher zu stellen, liess ich mir eine Lampe anfertigen, welche etwa bei 105 Volt und 5 Ampère an 200 Kerzen Helligkeit gab. Sie hatte 2 M-förmige Kohlenbügel, die hintereinander standen. Die Messungen zeigten folgendes Ergebnis: (Siehe Tabelle auf S. 280.)

Die Messungen der geringsten Lichtstärke sind, da es sich fast nur um rothes Licht handelt, schwieriger festzustellen als die übrigen Grössen. Ich möchte im Folgenden die relativen Strahlungswerthe mit der Gesammtwärmeentwicklung der Lampen

vergleichen. Zur Berechnung der Wärme stehen zwei Methoden zur Verfügung.

Nr.	k. J.	Ausschlag des Galvanom. pro 37,5 cm Abstand	Ausschlag in ° pro 1 Kerze und 37,5 cm Abstand
1	0,39	647	164,7
2	2,01	851	422,8
3	10,91	1328	121,7
4	35,71	1974	55,3
5	91,56	2757	30,1
6	123,90	3234	26,1

Wenn ein elektrischer Strom geschlossen wird, so leistet die Elektricität eine Arbeit, deren Grösse in dem gegebenen Falle in der Erwärmung des Kohlenbügels der Lampen ihren Ausdruck findet. Nach Joule beträgt dieselbe pro Secunde $= J^2 W$ und die Wärme X:

$$X = \frac{J^2 \Omega}{9 \cdot 81 \times 424} \text{ Cal.}$$

und für die Stunde:

$$X = \frac{J^2 \Omega \cdot 3600}{9 \cdot 81 \times 424}.$$

Diese Berechnungsweise setzt die genaue Kenntnis von Ω, dem Widerstand, voraus. Da letzterer mit der Temperatur sehr wechselt, wäre derselbe für jeden Fall gesondert zu erheben.

Einfachere Voraussetzungen ergeben sich, wenn man von der Stromstärke und dem Ampèremengen ausgeht.

Die Stromarbeit[1]) ist = Volt × Amp. und die Wärmemenge, wenn man von der Centimeter-Gramm-Secunden-Einheit ausgeht, für die Stunde:

$$X = \frac{\text{Volt} \times \text{Amp.} \cdot 10^7 \cdot 3600}{10^5 \times 425 \times 980 \cdot 9}$$

In nachstehender Tabelle habe ich die berechnete Wärmemenge eingetragen:

1) Es mag hier bemerkt sein, dass von Bernstein zuerst darauf hingewiesen wurde, dass $\frac{\text{Volt} \times \text{Ampère}}{\text{Lichtstärke}}$ constant sei. Daraus folgt auch $\frac{\text{Ampère}^2 \cdot \text{Widerstand}}{\text{Lichtstärke}} = k \cdot \text{Ampère}^0$.

Tabelle XXXI.

Lampe	Volt Ampère	Cal. pro Stunde	Licht in Kerzen	Cal. pro Kerze	Strahlung pr. Kerze in ° pr. 37,5 cm Abst.	Grcal. pr. 1 Min. pro 1 qcm und 37,5 cm Abstand
III	89,88	77,61	0,80	97,01	646,9	0,06245
I	35,52	30,67	0,33	92,94	321,2	0,03086
II	133,2	115,0	2,12	54,25	270,0	0,02594
III	147,70	122,30	3,92	31,21	262,0	0,02518
I	46,62	40,25	1,73	23,26	135,5	0,01302
II	152,1	131,3	8,76	13,45	77,9	0,00749
III	113,42	95,07	10,28	9,51	83,9	0,00806
II	194,2	167,60	29,63	5,66	31,4	0,00299
I	61,05	52,72	11,06	4,75	26,3	0,00253
III	242,0	209,0	65,81	3,17	38,6	0,00371
III	251,4	217,1	69,67	3,11	24,8	0,00238

In jeder der drei Serien zeigt sich die Menge der pro Kerzenhelligkeit producirten Wärme[1]) sehr ungleich, folgt aber dem auch sonst von uns schon berührten Gesetze, dass mit zunehmender Lichtstärke im Allgemeinen die relative Wärmeproduction abnimmt.

Die günstigste Zahl war = 3,11 Cal. p. Stunde und Kerze. Für mein damals untersuchtes Auergasglühlicht fand ich 613 Kerzenhelligkeit pro 1000 l. Gas = 1,631 l. Gas pro Kerze und Stunde, und da 1 l. Gas 5,4 Cal. Verbrennungswärme hatte, producirte demnach das Auer'sche Licht p. 1 Kerze 8,80 Cal., also erheblich mehr als das Glühlicht.

Ich habe schon früher mehrfach betont und mit Beispielen belegt, dass man aus der Menge der im Ganzen producirten Wärme nicht auf die Verhältnisse der Wärmestrahlung schliessen könne, weil zwischen beiden keine nähere Relation bestehe. Die von mir angestellten Versuche mit den elektrischen Glühlampen bestätigen in bündigster Weise diesen Satz, weshalb ich auf Tabelle XXXII (S. 282), die eines weiteren Commentars kaum bedarf, verweise.

Die Relationen zwischen den Gesammtwärmemengen, welche pro 1 Kerzenhelligkeit entwickelt werden, und der pro Kerze

1) Die Widerstände der Lampen waren der Reihenfolge nach, wie über dieselben berichtet wurde: 1. 422 kalt, 161 warm; 2. 320 kalt, 68 warm: 3. 89,7 kalt, 47 warm; 4. 44 kalt, 22,0 warm; ausgedrückt in Ohms.

treffenden Werthen der Wärmestrahlung sind offenbar sehr ungleich, wie schon eine oberflächliche Betrachtung ergibt. Freilich ordnen sich die beiden Zahlenreihen in ungefähr der gleichen Weise, wie ja von vorneherein kaum anders zu erwarten sein dürfte.

Tabelle XXXII.

Lampe	Cal. pro Stunde und Kerze	Strahlung pr. Kerze in °	Lampe	Cal. pro Stunde und Kerze	Strahlung pr. Kerze in °
III	97,01	646,9	III	9,51	83,9
I	92,94	321,2	II	5,66	31,4
II	54,25	270,0	I	4,75	26,3
III	31,21	262,0	III	3,17	38,6
I	23,26	135,5	III	3,11	24,8
II	13,45	77,9			

Das Bogenlicht.

Von dem Bogenlicht ist bekannt, dass seine Wärmewirkung im Verhältnis zum Licht verschwindend klein ist. Dagegen erreicht die Hitze an den lichterzeugenden Stellen enorm hohe Grade. Eine mehrfach wiederholte Versuchsreihe führte ich mit einer Bogenlampe, die ich sonst zu Projectionszwecken benützte, aus. Sie lieferte im Durchschnitt 795,0 Kerzen (k. J.) Helligkeit (Spermacet) und gab für 37,5 cm Entfernung berechnet 4521,6° Strahlung = 5,69° des Galv. B für eine Kerzenhelligkeit gerechnet.

Eine kleinere Bogenlampe, ohne Gehäuse montirt, untersuchte ich zum Vergleiche mit vorstehender; leider ist die Regulation aber keine ausreichend regelmässige, so dass es schwer ist, solche Zeiten herauszufinden, wo sich eine Licht- und Strahlungsbestimmung machen liess. Das günstigste Resultat dieser Lampe war 595,6 Spermacetkerzen (k. J.). Die Strahlung für 37,5 cm = 4125° oder pro 1 Kerze = 6,9°, was obigen Werthen nahekommt. Durch eine dünne Glasscheibe fiel dieser Werth auf 3,89.

Bei schwachem Strom erhielt ich mit der gleichen Lampe nur 423,0° Kerzen und bei 37,5 cm Abstand = 6186° Ausschlag = 14,62° p. 1 Kerze (1,40 M.-cal.) also grössere Werthe wie bei dem ersten Versuche.

Die relative Strahlung jeder Lampe ist, wie bei allen anderen Beleuchtungseinrichtungen und besonders bei dem Glühlicht, von der Stärke des Lichtes im Allgemeinen abhängig. Kurz nach einander gab die erwähnte Bogenlampe

bei 596	Kerzen	6,92°	Strahlung	pro Kerze
» 488	»	9,44	»	» »
» 190	»	24,4	»	» »

Die Bogenlampe stand bei den erwähnten Versuchen auf einer Drehscheibe und konnte somit beliebig auf das Photometer oder nach der Thermosäule gerichtet werden. Die Schwankungen des Lichtes haben allen Beobachtern Schwierigkeiten für die Messungen bereitet.

Die zuerst angeführte Projectionslampe hat geneigte Kohlenspitzen; die Neigung beträgt etwa 20°. Ausserdem liegt, wie dies üblich, die obere Kohlenspitze gegen die untere um 3 mm zurück, um ein Maximum von Licht nach den Linsen hinzuliefern.

In praktischer Hinsicht lohnte die weitere Verfolgung dieser Beleuchtungsmethode nicht; die Strahlung dieser Lampen ist so minimal, dass sie nicht weiter beachtet zu werden braucht.

Petroleumlampen.

Trotz der grossen Concurrenz, welche in neuester Zeit die Gasbeleuchtung und das elektrische Licht in der häuslichen Lichtversorgung bereiten, hat sich in den Privatwohnungen und namentlich in den kleinen Städten die Petroleumbeleuchtung als dominirende Beleuchtungsmethode erhalten. Sie ist unzweifelhaft eine sehr billige Beleuchtung, aber ich glaube, dass man vielfach die Bedeutung und den Werth der Petroleumbeleuchtung überschätzt hat.

Keine Industrie hat mit einem Male eine solche Veränderung im Lichtbedürfnis der grossen Massen mit sich gebracht, wie die Einführung des gereinigten Erdöls und der zu ihrer Verbrennung geeigneten Lampensysteme.

Die Petroleumlampen verdienen nicht immer ihr gutes Renommé, welches sie in weiten Kreisen besitzen.

Gerade bei den Petroleumlampen fand ich, dass im gewöhnlichen Gebrauche recht zweifelhafte Beleuchtungseinrichtungen benutzt werden, neben vorzüglichen und preiswerthen, solche. welche nicht einmal den bescheidensten Anforderungen genügen. Die Herstellung eines guten Brenners und guter Lampen erfordert weit mehr Geschicklichkeit, als man in gewissen Kreisen meint. Für den Käufer wird es freilich schwer, sich zu orientiren, weil er die Lampe, welche er kauft, überhaupt nie brennen sah, und erst die Benützung im Hause zeigt deren Fehler.

Dazu kommt, dass manche Lampen im Betriebe sich bald abnützen und den höchsten Lichteffect nur unter solchen Verhältnissen erreichen lassen, die im täglichen Leben gar nicht zu erfüllen sind. Werden solche Lampen nicht in gehöriger Lichtstärke gebrannt, so kommen alle möglichen Nachtheile zum Ausdruck; uns interessirt nur der Umstand, dass zumeist durch eine Erhitzung der festen Theile des Brenners, des Cylinders u. s. w. ein sehr beträchtlicher Heizeffect zu Stande kommt.

Die von mir benützten Lampen rührten zum Theil von renommirten Firmen her, zum Theil hatte ich dieselben schon viele Jahre in Gebrauch und mit Sorgfalt als bestconstruirte Lampen ausgesucht. Ich vermuthe also, dass andere Petroleumlampen wohl wesentlich ungünstigere Verhältnisse, wie sie in meinen Versuchen sich erkennen lassen, zeigen werden.

Für alle Petroleumversuche wurde derselbe Petroleumvorrath genommen; bei Flach- und Duplexbrennern beziehen sich die Messungen auf die Breitseite der Flammen.

Die ersten Messungen machte ich mit einem kleinen Flachbrenner, einer gangbaren Nummer einer Küchenlampe[1]); die Lampe verzehrt nicht viel Petroleum, gibt aber auch nicht viel Licht, nur etwa 2,67 Kerzen, und wenn man nicht regelmässig an dem Dochte regulirt, so sinkt diese Grösse auf 2,2 Kerzen nach etwa 6 1/2 Stunden.

Der Cylinder ist ausgebaucht und für die kleine Lampe verhältnismässig gross; der Brenner und die Brennerhülse sind beide aus Metall, das Bassin ist aus Glas.

1) Brenner 18 mm breit; Cylinder 24,5 cm lang, 67 g; 1 mm mittlere Dicke.

Wie die nachstehende Tabelle zeigt, nahm die Strahlung dieser Lampe im Verlauf der Zeit erheblich zu und die Lichtstärke ab; daraus resultirt eine mit fortschreitender Brennzeit erheblich zunehmende Wärmestrahlung pro 1 Kerze Helligkeit. Sie stieg von 140,9 auf 195,2 Sc.-Theile an. Der Consum betrug im Mittel für 1 Kerze und Stunde 7,13 g besten Petroleums.

Tabelle XXXIII.
Kleinster Flachbrenner I.

Nr. des Versuchs	Zeit nach Beginn des Versuchs	Lichtmenge in Spermacetkerzen k. J.	Strahlung mit 37,5 cm Entf. in ° des Galvan. B.	Strahlung mit 1 Kerze und 37,5 cm Entfern.
1	0	2,67	378,5	140,9
2	2 St.	2,37	360,7	152,1
3	6½ St.	2,17	423,4	195,2

In ihrer Lichstärke schliesst sich an diese Lampe eine kleine Studierlampe an, welche ohne zu russen rund 6,7 Kerzen Helligkeit gab. Der Brenner erhitzte sich dabei sehr stark. Das Glasbecken dagegen weniger stark.

Tabelle XXXIV.
Kleine Studierlampe, Rundbrenner.

Nr.	Zeit der Messung in Stunden	Lichtmenge in Spermacetkerzen k. J.	Strahlung auf 37,5° Galvanom. B.	Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm
1	0—1	6,7	2529	377,5

Die Lampe erwies sich also hinsichtlich der Wärmestrahlung weit ungünstiger als die vorgenannte kleine Küchenlampe. Einen Flammenvertheiler besitzt die Lampe nicht; der Cylinder ist über die Flamme eingezogen. Vielleicht trägt auch dieser Umstand zur starken Erhitzung bei. Die Lampe kann für viele der jetzt üblichen Tisch- und Klavierlampen als Typus dienen. Die beiden genannten mögen als Beispiele für kleine Petroleumlampen genügen.

Die dritte Lampe war ein Duplexbrenner, ganz aus Metall; sie gab in maximo rund 17—18 Kerzen, darüber hinaus russte

sie. Lange Zeit hielt sie sich übrigens auf dieser Flammenhöhe nicht. Nachstehende Tabelle enthält die Resultate von 4 Messungen, von denen 1—3 in unmittelbarer Reihenfolge angestellt sind, Versuch 4 ein paar Tage später.[1])

Tabelle XXXV.
Mittlerer Duplexbrenner.

Nr.	Zeit nach Beginn des Versuchs	Lichtmenge in Spermac.-Kerz. k. J.	Strahlung auf 37,5 cm Entf. in ° des Galv. B.	Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm Entf.
1	0	11,07	1486,0	134,4
2	$3^1/_2$ Std.	9,41	1295,0	137,7
3	$5^1/_4$ Std.	7,74	1282,0	165,7
4	0—1	17,30	3056	176,6

Im Grossen und Ganzen zeigte die Lampe sehr gleichmässige Verhältnisse. Das Licht sank ja auch innerhalb der $5^1/_4$ Stunden Brennzeit ab, aber auch in gewissem Grade die Strahlung; immerhin ist die Abnahme der Leuchtkraft rascher gefallen, da sich ein steigender Werth der auf 1 Kerze berechneten Strahlung ableiten lässt.

Die Wärmestrahlungsverhältnisse dieser Lampe gestalten sich wesentlich günstiger wie diejenige der vorhergenannten Studierlampe.

Ein anderer Duplexbrenner, über welchen nachstehende Tabelle berichtet, hatte die üblichen Metalltheile und ein Glasbassin. Er besass eine fast freie Luftzuführung und gab sehr

Tabelle XXXVI.
Duplexbrenner.

Nr.	Zeit nach Beginn des Versuchs	Lichtmenge in Spermac.-Kerz. k. J.	Strahlung auf 37,5 cm	Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm.
1	0 –1	16,0	2334	145,9

weisses schönes Licht.[2]) Letzteres betrug im Anfang oft 20 bis 22 Kerzen ohne zu russen, war aber durch kein Mittel dauernd

1) Brennerbreite 30 mm; Cylinder 154 g; 1,1 mm mittlere Dicke.

2) Cylinder 142 g, 1,0 mm mittlere Dicke, Höhe 25 cm.

auf dieser Höhe zu halten. Bezüglich der Strahlung gab dieser Duplexbrenner ein günstiges Resultat. Diese wie die vorherangeführten Petroleumlampen dienen als „Salonlampen“ oder als Mittellampen für eine Lichtkrone. Ich habe gerade diese Lampe auch in früheren Jahren mit dem gleichen Ergebnis untersucht, woraus folgt, dass durch den Gebrauch der Lampen das relative Strahlungsvermögen nicht verändert zu werden braucht.

Die grösste Petroleumlampe, welche ich prüfte, war ein 50 Kerzenbrenner. Dieselbe bestand in ihren Haupttheilen ganz aus Metall. Zur Abkühlung des mächtigen Bassins war die frische Luft mittelst Röhren durch das Bassin durchgeführt. Ueber dem Brenner befand sich eine breite Vertheilungsplatte; der Cylinder war bauchig ausgebogen und zog sich erheblich oberhalb wieder zu einem engen Kanal zusammen, der etwa in minimo denselben Querschnitt wie die obere Oeffnung des Cylinders besass.[1])

Tabelle XXXVII.
Grösster Rundbrenner.

Nr.	Zeit nach Beginn des Versuchs	Lichtmenge in Spermac.-Kerz. k. J.	Strahlung auf 37,5 cm in ° des Galvan. B.	Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm Entf.
1	0	36,87	3821,0	103,6
2	0	33,14	3381,0	102,0
3	0	12,75	2195,0	172,2
4	2	9,82	1800,0	183,3
5	6	8,00	1449,0	181,2
6	0	50,00	6882,0	137,6

Die Lampe zeigt insoferne günstige Verhältnisse, als sie mit sehr ungleichen Lichtstärken gebrannt, doch sehr ähnliche Strahlungswerthe gibt.

Es ist zwar nicht zu verkennen, dass bei 8—10 Kerzen die Strahlung relativ erhöht ist; bei etwa 36 Kerzen hat die Lampe ein Strahlungsminimum. Die Strahlung nimmt mit 50 Kerzen relativ wieder zu, hält sich aber in mässigen Grenzen.

1) Brenner 45 mm; Vertheilungsplatte 40 mm; Cylinder 170 g, 30 cm hoch, im Mittel 1,1 mm dick; der beigegebene zweite Cylinder 28 cm hoch, 325 g wiegend, hat eine mittlere Dicke von 1,6 mm.

Zur besseren Uebersicht über die Petroleumlampen gebe ich nachstehende Zusammenstellung:

Tabelle XXXVIII.
Zusammenstellung.

Nr. der Lampe	Bezeichnung	Lichtstärke, beste Leistung in Kerzen	Strahlung pro 1 Kere und 37,5 cm Abst.
I	Flachbrenner	2,67	140,9
II	Rundbrenner	6,70	377,5
III	Duplex	16,00	145,9
IV	»	17,30	176,6
V	Grosser Rundbrenner	50,00	137 6

Aus dieser folgt, dass die Petroleumlampen bezüglich der Wärmestrahlung im Allgemeinen sich nicht so günstig stellen wie viele andere Beleuchtungseinrichtungen, welche wir bisher geprüft haben. Die Ursache dieser Erscheinung liegt gewiss zum grössten Theil in der ungünstigen Brennerconstruction. Dieselben erhitzen sich ausserordentlich stark. Ausserdem sind aber in der Regel die Glascylinder bei den Lampen von bedeutender Grösse als jene bei der Gasbeleuchtung verwendeten, was auch die Strahlung ungünstig beeinflusst.

Unter allen Beleuchtungssystemen mit Zugcylinder haben die Petroleumlampen die grössten Glasmassen zu erwärmen. Während bei einem Argandbrenner auf 1 Kerze 3, bei dem Gasglühlicht 2 g Glas entfallen, treffen bei einer kleinen Petroleumlampe auf die gleiche Einheit bezogen 24 g, bei den Duplexbrennern 8,8--9 g, nur bei den grössten 50-kerzigen Lampen 3,4 g.

Mit der Menge der erzeugten Wärme geht die Strahlung nicht parallel; betrachtet man nachstehende Zahlen (Tab. XXXIX), so zeigen sich die einzelnen Lampen hinsichtlich des Consums an Petroleum pro 1 Kerze Helligkeit recht verschieden. Die kleinste Lampe verzehrte nicht weniger als 7,3 g für die angenommene Einheit, die grösste Lampe nur 2,9 g. Dementsprechend sind auch die pro 1 Kerze Helligkeit entwickelten Wärmemengen verschieden gewesen. Die Werthe der absoluten

Strahlung haben sich aber nicht im geringsten geändert, wie der letzte Stab der Tabelle XXXIX darthut. Die Beispiele, welche wir bisher für diese Incongruenz der für die Lichteinheit producirten Wärmemenge und Strahlungsgrösse gegeben haben, dürften hinreichend sein, um die Nothwendigkeit directer Strahlungsbestimmungen darzuthun.

Tabelle XXXIX.

	Licht bei vollem Brand in Kerzen	Petroleum-Verbrauch pro 1 Kerze Helligkeit	Verbrenngswärme incl. cal. Wärme des Wassers	Verbrennungswärme excl. des Wasserdampfs	Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit	Strahlung in cal. pro 1 qcm u. 37,5
Grösster Rundbrenner . .	50,0	2,90	32,00	30,06	137,6	0,01322
Duplexlampe I	16,0	3,47	38,31	36,00	145,9	0,01402
» II	17,3	4,12	45,48	42,72	176,6	0,01697
Flachbrenner, Umfang . .	2,7	7,30	80,59	75,70	140,9	0,01354

Uebersicht.

Im Vorstehenden haben wir zwar nicht alle, aber doch die wesentlicheren heutzutage verwendeten Beleuchtungseinrichtungen hinsichtlich ihrer Strahlung untersucht. Wir finden, dass die Wärmestrahlung nicht nur, wie die tägliche Erfahrung lehrt, etwas sehr ungleiches bei Lampen, Kerzen, elektrischem Licht u. s. w. sei, wir sehen auch, dass, für die gleiche Helligkeit berechnet, den einzelnen Lichtquellen eine ganz verschiedene Strahlung zukommt. Manche der in der Generaltabelle (siehe Tab. XL auf S. 291) aufgeführten Lichtsorten verdanken ihre Untersuchung dem allgemeinen wissenschaftlichen Interesse, das sie bieten; ich habe in dem letzten Stab die Werthe jener Lichtquellen, welche im täglichen Leben Verwendung finden, in Mittelwerthen zusammengefasst und in Mikrocalorien ausgedrückt in die kleine Tabelle (S. 291) aufgenommen.

Die relative Wärmestrahlung zeigt sich, wie wir schon früher bei den einzelnen Lichtquellen betont haben, unabhängig von der Menge der bei der Lichterzeugung entwickelten

Wärme. Die Wärmestrahlung kann nach derartigen approximativen Schätzungen wie nach der Wärmebildung auch nicht annähernd gefunden werden; somit muss dieselbe neben der Lichtbestimmung ihren Platz in den hygienischen Untersuchungsmethoden finden.

Tabelle XL.

	Bei welcher Lichtstärke circa gemessen	Wärme pro 1 Kerze in Cal. pr. 1 Std. nach Abzug d. Wärme d. Wasserdampf.	Grcal. pr. 1 qcm, 1 Min. u. 37,5 cm Abstand	Mittel in Mikrocal.
Wachs	1	(?)	0,01158	10,81
Paraffin	1	78	0,01015	
Talg	1	77	0,01055	
Stearin	1	82	0,01095	
Leuchtgas, Einlochbrenner	1	110	0,01053	
» Schnittbrenner	1—2	102,5	0,01405	
» »	3,5—5	—	0,00902	
» »	6,4—16,5	73,20	0,00776	5,33—7,76
» »	20,0—24,0	—	0,00533	
» Argandbrenner	8	—	0,00983	7,27
» »	14	—	0,00677	
» »	18	—	0,00777	
» »	20	48,47	0,00698	
» »	34	48,47	0,00760	
Auerlicht neu	65	7,92	0,00116	1,25
» »	57	7,97	0,00131	
» »	57	8,30	0,00129	
Petroleum-Flachbrenner	2,7	75,70	0,01354	14,44
Duplexbrenner	17,3	42,72	0,01697	
»	16,0	36,00	0,01402	
Rundbrenner	50,0	30,06	0,01322	
Elektrisches Glühlicht	1,8	35,88	0,06245	
» »	1,2	31,74	0,02594	
» »	11	2,39	0,00253	2,63
» »	30	6,08	0,00299	
» »	70	8,21	0,00238	

Die Grösse der Wärmestrahlung schwankt bei den aufgeführten Fällen von 1,25 Mikrocalorien bis 14·44, also um das

12-fache. Am ungünstigsten stellen sich die Petroleumlampen, dann erst folgt das Kerzenmaterial, die Argand-, Schnitt- und Zweilochbrenner. Am Günstigsten verhält sich das Glühlicht, Auerlicht und das hier nicht weiter aufgeführte Bogenlicht. Die Letzteren nähern sich allmählich einer idealen Lichtquelle, deren Wärmestrahlung verschwindend klein sein sollte.

Tabelle XLI.

Art der Beleuchtung	Mikrocalorien pro 1 qcm u. 1 Min. u. 37,5 cm Abst.
Kerzen	10,81
Petroleumlampen	14,44
Argandbrenner	7,27
Schnittbrenner	5,3—7,76
Elektr. Glühlampen	2,63
Gasglühlicht	1,25

In manchen Fällen gehen die Einzelbeobachtungen für die Strahlung bei verschiedener Flammengrösse so gut überein, dass man Mittelwerthe abzuleiten berechtigt ist. Die Werthe für Kerzen wird man unbedenklich als sehr ähnlich bezeichnen können.

Die Petroleumlampen verschiedener Construction nähern sich in ihren relativen Strahlungswerthen bei maximalster Inanspruchnahme der Flamme gleichfalls ungemein; auch die Argandlampe könnte hier angereiht werden.

In anderen Fällen verhält es sich aber doch anders. Die Schnittbrennerstrahlung hängt offenbar mit der Grösse des Brenners näher zusammen. Theils gibt derselbe Brenner bei verschiedenem Consum, als auch Brenner für verschiedenen Consum bestimmt, eine sehr ungleiche relative Wärmestrahlung. Man kann also nur mittlere Angaben machen unter der Annahme, dass eben solche Brenner im Allgemeinen mit etwa 16—20 Kerzen verwendet werden. Das Gleiche möchte ich für die Zweilochbrenner sagen, auch hier ist von einer generell gültigen Mittel-

zahl nicht die Rede, sondern nur von einer Annäherung an eine solche.

Gasglühlichtsorten differiren ungemein je nach der Composition des Netzes und des Zeitraums der Benützung. Ich habe in der Tabelle nur den Auer'schen Brenner aufgenommen.

Die elektrischen Glühlampen zeigen für den Fall, dass man sie bis zu dem gleichen Grade in Anspruch nimmt, d. h. bis zu gleichen Lichtqualitäten den Strom steigert, ziemlich einheitliche Verhältnisse der relativen Strahlung.

Die Ausnützbarkeit der Leuchtkraft.

Der Werth einer Beleuchtungseinrichtung lässt sich nach der photometrischen Messung allein nicht beurtheilen, sondern nur, wenn man neben der Lichtstärke auch den relativen Strahlungswerth kennt. Letzterer entscheidet über die Entfernung bis auf welche ein Leuchtkörper dem Menschen genähert werden darf. Bisher war man nicht in der Lage, genauere Vorschriften über die Aufstellung der Lampen u. s. w. zu geben, weil man eine genaue Messung der Strahlung bisher nie durchgeführt hat. Nach meinen Untersuchungen wird es sehr einfach sein, solche Werthe für die zulässige Annäherung der Lampen zu fixiren. Ich habe in der vorhergehenden Abhandlung die Grenzwerthe für die Bestrahlung durch terrestrische Lichtquellen gegeben; die hier mitgetheilten Versuche lassen für einzelne Beleuchtungssysteme die Grösse der Wärmestrahlung erkennen; aus beiden Angaben lässt sich ableiten, wie weit ein Leuchtkörper vom Menschen entfernt aufgestellt werden muss, wenn er dem idealen oder praktischen Grenzwerth entsprechen soll. Zugleich kann ich berechnen wie gross die Helligkeit einer Fläche wird, wenn eine Flamme so weit genähert wird, dass sie in Hinsicht auf die Strahlung den hygienischen Anforderungen genügt. Diese in Meterkerzen ausgedrückte Lichtmenge bezeichne ich als Ausnützbarkeit der Leuchtkraft; denn diese Zahlen geben in der That an, wie weit die vorhandene Lichtmenge für den Menschen verwerthet werden kann.

Sei K die Constante für die Strahlung pro 1 Kerzenhelligkeit in Scalentheilen (oder nach absolutem Maasse) N = Anzahl der Kerzen, E die Entfernung, auf welche K bezogen wird, Gr (der Grenzwerth) (in Skalentheilen oder nach absolutem Maasse), so hat man, für die eine Kerze berechnet, als Abstand: $\frac{K \cdot E^2}{Gr} = x^2$ = dem gesuchten Abstand, oder allgemein für eine Flamme bestimmter Grösse:

$$x^2 = \frac{K \cdot N \cdot E^2}{Gr} \quad x = \sqrt{\frac{K \cdot N \cdot E^2}{Gr}}$$

Daraus folgt zur Berechnung der auf einer in dem Abstand x befindlichen Fläche fallenden Meterkerzen

$$\frac{100^2 \cdot N}{x^2} = \text{Spermacet- etc. Meterkerzen.}$$

Geht man von einer Kerze Lichtstärke aus, so wäre $\frac{100^2}{x^2}$ = dem Ausnützungswerth in Meterkerzen.

Was den Grenzwerth betrifft, so ist derselbe, wie wir an anderer Stelle auseinandergesetzt haben, mit der Temperatur schwankend. Will man für bewohnte Räume sicher gehen und richtig verfahren, so wird man die kleineren, der höheren Lufttemperatur entsprechenden Werthe, welche nur halb so gross wie die Werthe bei 12° sind, benützen.[1]) Als Gr_1 mag der ideale, als Gr_2 der höhere praktische Grenzwerth bezeichnet werden.

Ich habe für eine Anzahl typischer Beleuchtungseinrichtungen den Grenzwerth berechnet und in folgender Tabelle eingetragen (Siehe Tabelle XLII auf S. 294).

Es ist leicht aus meinen Untersuchungen für beliebige Aufgaben das Material zu entnehmen. Die Ausnutzbarkeit der Lichtquellen ist mit dem Fortschritt der Beleuchtungstechnik immer grösser geworden. Keine sehr günstige Stellung nimmt das Petroleum ein, obschon ich die für Petroleum vortheilhaftesten

1) Für Galvanometer B wäre Gr_1 312°, Gr_2 520°; für Galvanometer A $Gr_1 = 150$, $Gr_2 = 250°$.

Werthe zu Grunde legte. Erhebliche Verbesserung bedeuten das Gasglühlicht, die elektrische Glühlampe und die Bogenlampe.

Tabelle XLII.

Beleuchtungsart	Ausnutzbarkeit in Meterkerzen für Gr_2	Ausnutzbarkeit in Meterkerzen für Gr_1
Kerzen	33,7	20,22
Petroleum	36,2	21,75
Schittbrenner	67,1	40,50
Argandbrenner	53,9	33,50
Elektr. Glühlicht	149,1	89,5
Gasglühlicht.	273,9	164,3
Bogenlampe	649,0	389,9

Die Zahlen geben unmittelbar ein anschauliches Bild der ungleichen relativen Wärmestrahlung des Beleuchtungsmateriales.

Unter den praktischen Aufgaben wäre noch die Stellung der Lampen kurz zu berühren.

Will man an einem praktischen Fall erfahren, wie man die Brenner zu stellen hätte, damit sie nicht durch Wärme belästigen, so hätte man z. B. für einen 16kerzigen Schnittbrenner mit dem Strahlungswerth $N = 26{,}5$ (Galvan. A):

$$x = \sqrt{\frac{26{,}5 \cdot 16 \cdot 37{,}5^2}{250}} \text{ bezw. } \sqrt{\frac{26{,}5 \cdot 16 \cdot 37{,}5}{150}} \text{ für } Gr_2 \text{ u. } Gr_1$$

woraus sich ergibt für Gr_2 48,8 cm und für Gr_1 63,04 cm, und für einen Argandbrenner von 20 Kerzen, z. B.

$$x = \sqrt{\frac{31{,}8 \cdot 20 \cdot 37{,}5}{250}} \text{ etc. und für } Gr_2 \text{ 189 cm, und } Gr_1 \text{ 245 cm.}$$

Bei nicht punktförmigen Lichtquellen kommt im täglichen Leben wesentlich in Betracht, dass uns dieselben nicht immer in horizontaler Ebene Strahlen zusenden; in der Horizontalebene können, wie wir dies mehrfach schon erwähnten, recht ungleiche Strahlungen vorhanden sein. Mit der Aenderung des Ausstrahlungswinkels erleidet aber die Strahlung eine noch erheblichere Einbusse. Je näher man an manche Beleuchtungskörper herangeht, um so grösser ist die Aenderung bei der gleichen Winkelgrösse.

Bleibt man einer Lichtquelle aber soweit ferne, als es mit Rücksicht auf die Grenzwerthe der Strahlung erforderlich erscheint, so findet man gleichartigere Verhältnisse. Die Strahlung soll mit dem Cosinus des Ausstrahlungswinkels abnehmen. Ein Schnittbrenner wurde in 62 cm Entfernung der Thermosäule gegenüber gestellt, die Säule sorgfältig auf maximalsten Ausschlag eingestellt. Der Auffallswinkel auf der Säule blieb also derselbe.

Es wurde

gefunden:	beobachtet:	berechnet:
horizontal	210	210
15° 40′	201	190
28° 55′	153	149

Die berechneten gehen zufriedenstellend mit den gefundenen Werthen zusammen.

Offenbar lassen sich für kleine Winkelgrössen die Strahlungen und Lichtmengen für leuchtende Flächen annähernd aus den Ausstrahlungsgesetzen ableiten.

Ich behalte mir vor, über die Ausstrahlungswerthe in verschiedenen Winkelgrössen noch besonders berichten zu lassen. In solchen Fällen, in welchen eine Lichtquelle mit ihren Nebenapparaten eine beträchtliche Ausdehnung besitzt, liegen wärmeausstrahlende und lichtausstrahlende Theile nicht in demselben Punkte im Raume. Die Aenderung der Winkelgrösse ist daher für Licht- und Wärmeausstrahlung ungleich.

Wir haben näher dargelegt, dass einen wesentlichen Antheil an der Wärmestrahlung die sich erhitzenden und für die Lichtabgabe oft ganz werthlosen Theile der Lampen nehmen. Viele Lichtquellen gestatten auch nicht ohne weiteres, sie zu Lese-, Schreib- und anderen Zwecken zu benützen; sie bedürfen der Schirme, um nach abwärts eine zureichende Lichtmenge zu werfen. Die Schirme haben also eine zweifache Bedeutung in thermischer Hinsicht. Einmal sind sie Reflectoren des Lichtes, die freilich zugleich auch Wärme in der Richtung der Lichtstrahlen leiten; zweitens sind die Reflectoren bei horizontal in der Ebene des Auges lichtstrahlenden Lampen zugleich Wärmeschirme, welche die Strahlung zu vermindern im Stande sind.

Hinsichtlich der Wärmeverhältnisse sind diese Schirme und Reflectoren noch nicht untersucht.

Beide Vorrichtungen haben eine grosse Bedeutung und Einfluss auf die Wärmestrahlung. Bei den niedrig aufgestellten Lampen vermindern die Milchglasschirme u. dgl. die Strahlung sehr erheblich; meine Studirlampe mit 6,7—7,0 Spermacet-Kerzenhelligkeit besitzt einen horizontalen Strahlungswerth von rund 2529 Sc.-Theilen = 0,2431 cal. per Min. 1 qcm bei 37,5 cm. Wird die Lampe mit dem Milchglasschirm abgeblendet, so sinkt der Strahlungswerth auf 1360° = 0,1320 cal. per 1 qcm, 1 Minute und 37,5 cm Abstand.

Ich werde diesen Einfluss, welchen das Schirmmaterial auf die Reflexion der Wärmestrahlen oder auf die Durchlassung ausübt, im Besonderen studiren lassen und später darüber Mittheilung machen.

Ich komme immer mehr zur Ueberzeugung, dass wir in der Aufstellung unserer Lichtquellen, wobei wir uns ausschliesslich vom Lichtbedürfnis leiten lassen, im täglichen Leben viele Fehler machen, welche uns in ganz unnöthiger Weise belästigen. Namentlich die Petroleumlampen kleineren Kalibers, die beim Arbeiten in der Studirstube benützt werden, sind es, welche in hohem Grade belästigen. Da wir in den ersten Augenblicken nicht genügend achtsam auf die Wärmewirkungen sind, und die geringe Helligkeit uns zwingt, nahe an die Lampe heran zu gehen, so macht sich allmählich erst die Erhitzung geltend und der Kopf wird heiss. Wer mit Interesse bei der Arbeit ist, wird erst zu spät diese Wirkung merken. Unterbrechen wir die Thätigkeit, so wird man sich mit einem Male der Störung bewusst, welcher man ausgesetzt war.

Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

III. Theil: Die Beziehung der strahlenden Wärme zum Lichte.

Von

Prof. M. Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Allgemeine Betrachtungen zur Frage der Wärmestrahlung.

Mit den thatsächlichen Feststellungen über das verschiedene Strahlungsvermögen verschiedener Beleuchtungseinrichtungen und mit der Feststellung der Ausnutzbarkeit der Lichtquellen könnten wir vom praktisch-hygienischen Standpunkt aus unsere Aufgabe als beendigt ansehen. Man kann es sich aber bei näherer Durchsicht der Ergebnisse doch nicht versagen, noch nach anderen Richtungen als im Hinblick auf die unmittelbaren Ziele der praktischen Beleuchtungslehre Nutzen aus den Untersuchungen zu ziehen. Es wird dies Bemühen nach näherer Aufklärung uns befähigen, nicht unwichtige Streiflichter auf anscheinend abliegende Gebiete der Lehre von der Beleuchtung fallen zu lassen.

Die Untersuchung der einzelnen Beleuchtungseinrichtungen hat uns gezeigt, dass die relative Wärmestrahlung nicht nur bei fast jeder Lichtquelle je nach der absoluten Grösse des Lichtes, sondern auch bei verschiedenen Beleuchtungssystemen unter einander sehr wechselnd sein kann, und dass die Lichtgewinnung bei gleichem Aufwand von Energie sehr ungleich sich verhält. Wenn man die im II. Theile unserer Untersuchungen S. 291

gegebene Generaltabelle über die relativen Strahlungswerthe betrachtet, scheinen den Zahlen auf einfache Gesetze zurückzuführende physikalische Beziehungen nicht zu Grunde zu liegen.

Gerade diese Regellosigkeit der Erscheinungen drängt uns zur Aufgabe, die Gründe und Ursachen dieser Ungleichheiten zu erforschen. Bei dem Aufsuchen solcher begegnet man vielerlei Schwierigkeiten, weil die ausschlaggebenden Momente nicht einheitlich wirken, sondern sich gegenseitig compensiren, oder bei anderer Gelegenheit in der gemeinsamen Wirkung verstärken. Ich habe bei meinen Bemühungen, die Erscheinungen zu zergliedern, gesehen, dass man mit der Erläuterung dreier Momente alle Eigenthümlichkeiten des specifischen Strahlungsvermögens verstehen und darlegen kann. Diese sind folgende:

a) Der Einfluss, den die festen Theile einer Beleuchtungseinrichtung auf die Ausstrahlung üben;
b) der Einfluss, den der Verbrennungsprocess auf die Lichterzeugung und die Ausstrahlung besitzt;
c) der Einfluss, welchen gewisse Vorgänge im Innern der Leuchtflamme oder des Leuchtkörpers auf die Ausstrahlung entfalten.

Ich werde in Folgendem diese drei Faktoren im Einzelnen und mit Anführung der einschlägigen Beispiele schildern.

Die genannten drei Momente sind durchaus nicht gleichwerth; während der Einfluss der festen Theile auf die Ausstrahlung und selbst die Wirkung des Verbrennungsprocesses, man möchte sagen, bis zu einem gewissen Grade, willkürliche und durch äussere Umstände zu modificirende sind, bietet das dritte Moment das höchste Interesse, weil es mit dem Wesen der Lichterzeugung engstens verknüpft erscheint.

a) Einfluss der festen Theile einer Beleuchtungseinrichtung auf die Ausstrahlung.

Die festen Theile einer Beleuchtungseinrichtung nehmen von den leuchtenden Theilen Wärme auf, so z. B. die Brenner, welche für Leuchtflammen dienen, leiten Wärme weiter. In anderen Fällen wird den festen Theilen Wärme durch Strahlung

zugeführt, wie den Glastheilen einer elektrischen Glühlampe; wieder in anderen Fällen betheiligt sich dabei Strahlung und Erhitzung durch heisse Verbrennungsgase. Durchsichtige und undurchsichtige Theile wirken ungleich, weil erstere einen Theil — den leuchtenden Theil der Strahlung — ungehindert durch sich hindurchlassen, nicht aber die dunkle Strahlung, während, soweit nicht die Reflexion hindert, undurchsichtige mehr oder minder erhebliche Bruchtheile beider absorbiren.

Es lässt sich nicht allgemein der Satz aufstellen, dass alle festen sich erwärmenden Theile einer Lampe von Nachtheil sein müssten für die Ausstrahlung, d. h. dass sie die dunkle Strahlung begünstigten.

Werth und Bedeutung der festen Theile für die Ausstrahlung wird im Einzelnen zu erörtern sein.

In vielen Fällen spielt diese Erwärmung fast gar keine Rolle. Einfache Gasbrenner, wie z. B. Speckstein-, Hohlkopf- oder Zweilochbrenner, welche aus Wärme schlecht leitendem Material bestehen, und nur eine kleine Berührungsstelle mit der Flamme haben, kommen neben der mächtigen Wärmestrahlung der Flamme selbst nicht mehr in Betracht. Selbst bei gut wärmeleitendem Material, wie Eisen, wird durch die Kühlung des schnell den Brenner durchsetzenden Gases die Temperatur des Brenners auf mässige Grade reducirt.

Merklicher wird der Einfluss erhitzter Theile in manchen Fällen, wo man ihn gar nicht vermuthet. Wir haben bei den Kerzen darthun können, dass der Docht der Flamme nicht ohne Bedeutung sei, und dass er die dunkle Wärmestrahlung vermehrt. Bei dem Bunsenbrenner Auer'scher Modification stiessen wir auf ein ähnliches Verhältnis.

Die Einrichtungen der L a m p e n mit Z u g c y l i n d e r haben meist complicirtere Verhältnisse. Die Erwärmung der Theile des Brenners und jene des Cylinders hängt einerseits von der Wärmezufuhr und andererseits von der Art des Wärmeverlustes ab; aber auch die Lichtproduction kann in ihrer Quantität und Qualität von der Beschaffenheit der Brenner erheblich beeinflusst werden. Wir werden in Folgendem Beispiele dafür geben. Für

den Brenner und die nach unten zu gelegenen Theile stammt die Wärme unmittelbar von den heissen Gasen, für den Cylinder ist die Wärmestrahlung, für die oberen Theile desselben die Erwärmung durch die heissen Gasse maassgebend.

Gehen wir zunächst von einer frei brennenden Argandflamme aus. Dieselbe ist ungeeignet zur Beleuchtung, weil sie zu unruhig ist. Immerhin aber kann man bei mässiger Höhe eine genaue Lichtmessung machen. Ich habe zuerst mit einer solchen experimentirt und dann bei gleichem Gasconsum den Glascylinder aufgesetzt, dabei fand sich:

	Kerzen rothes Licht	Galvan.-Ausschl. f. 37,5 cm Abstd. berechnet	Ausschlag f. 1 Kerze
Argand, freibrennend . . .	10,98	454,4	41,3
Argand mit Glascylinder . .	7,20	355,0	49,3

Daraus folgt, dass der Cylinder zunächst von Nachtheil auf die Leuchtkraft ist. Die Lichtstärke sinkt, die Farbe des Lichtes wird geändert. Die Wärmestrahlung sinkt zwar durch Anwendung des Glascylinders von 454,4 Sc. Galv. A. auf 355, aber weil die Lichtmenge noch in höherem Maasse abnimmt, wächst der pro 1 Kerze zu rechnende Strahlungswerth von 41,3 : 49,3, d. h. um 19,3 %. Dieser entschieden nachtheilige Einfluss des Cylinders tritt aber immer mehr in den Hintergrund, da wir ja beobachtet haben, dass bei grösserem Consum der Argandbrenner der Strahlungswerth pro Kerze auf 41 herabsinken kann. (S. auch Tabelle 291.)

Der Zugcylinder wirkt selbst als Wärmeschirm. Ein ebenso dickes Glas von 2,3 mm Dicke verringerte die Strahlung einer Gasflamme um 60,3 %, und auch beim Glascylinder selbst kann man diese Minderung der Strahlung nachweisen, wenn man eben nur die Ausstrahlung der leuchtenden Partien selbst in Betracht zieht. Sie wurde in einem Falle um 61 % gemindert. Die heissen Gase und die Strahlung erwärmen aber den ganzen Cylinder in seiner vollen Ausdehnung und compensiren dadurch den günstigen Einfluss wenigstens bei kleinen Flammen oft völlig.

Die Länge des Glascylinders betrug 23 cm; bei einer Flammenhöhe von 90 mm wurden in einem Versuche 294° Ausschlag erhalten; als ich die untere Hälfte des Cylinders, soweit die Flamme reicht, mittelst eines Schirmes abblendete, sank die Strahlung auf 93 Sc.-Th. Die obere Hälfte des Cylinders gab, obschon die Flamme sie nicht erreichte, ein Drittel der gesammten Strahlung; auf die untere Hälfte entfielen 201 Sc.-Th.

Bei einer 50 mm hohen Flamme fand ich im Ganzen bei freier Strahlung eines Argand 134 Sc.-Th., nach Abblendung der unteren Hälfte noch 67°, die obere Hälfte des Cylinders gab also nahezu auch die Hälfte der Strahlung. Aus beiden Versuchsreihen folgt, dass, je kleiner die Flamme, desto ungünstiger die Wirkung des Zugcylinders wird, weil er sich mit Abnahme der Lichtes in steigendem Verhältnis nicht an der Ausstrahlung betheiligt.

Den Antheil, welchen die heisswerdenden Theile eines Argandbrenners auf die Ausstrahlung üben, habe ich noch ganz besonders durch die folgenden Versuche zu eruiren gesucht. Ich bestimmte zunächst bei bestimmtem Gasconsum die Ausstrahlung und klemmte bei anderen Versuchen während der Strahlungsmessung den Gasschlauch ab. So konnte ich also erfahren, wie viel Wärme durch die Erhitzung aller Theile einer Gaslampe nach aussen gehen. Die Gaslampe hat sich freilich während der Messung mit der Thermosäule etwas abgekühlt; ich besitze aber eine Thermosäule, welche sich ungemein rasch in's Gleichgewicht setzt und deren 12″ Werthe von dem constanten Ausschlag noch nicht um 2% abweichen. Da sich letztere Differenz durch Rechnung verringen lässt, so kann ich mit grosser Annäherung angeben, wie heiss die Glas- und Metalltheile der Lampe gewesen sind. Ich fand Folgendes:

Gasconsum für die Stunde in Litern	Lichtmenge in Kerzen	Strahlung mit Cylinder		Strahl. ohne Cylinder
		brennend	abgelöscht	abgelöscht
120,0	13,8	46,0	23,5 = 51,0%	4,0 = 8,7%
144,0	16,6	98,0	33,6 = 34,3%	4,0 = 4,0%

Daraus folgt: Mit zunehmendem Gasconsum nimmt die Strahlung erheblich zu und ebenso werden alle festen Theile der Lampe stärker erhitzt. Den Hauptantheil an der Erhitzung nimmt beim Argandbrenner verwendeter Construction der Glascylinder, während die Metalltheile und der Brenner selbst nicht wesentlich in Betracht zu ziehen sind. Von den heissen Gasen kann man, wie ich mich überzeugte, hierbei ganz absehen. Die Wärmestrahlung, welche auf die heissen Theile des Brenners zu beziehen ist, beträgt bei der kleineren Flamme bis zu 51 %, bei der grösseren aber nur 34,3 %.

Man kann also nicht allgemein von der Strahlungsgrösse der Argandbrenner sprechen, wenn man nur an einer bestimmten Sorte Versuche angestellt hat, sondern man wird, wenn Constructionseigenthümlichkeiten vorliegen, eine besondere Untersuchung über die Beziehungen zwischen Wärme und Licht anzustellen haben. Brenner alter Construction, welche reich an Metalltheilen sind, werden schlechter sein als die neueren Specksteinbrenner und einfachen Lampen.

Ungleichheiten zwischen Licht- und Wärmestrahlung werden in gewissem Grade also auch durch die Art und Anordnung der bei den Lampen verwendeten Glascylinder und Cylinder aus anderen Materialien bedingt; ich werde von anderer Seite näher auch über diese Frage berichten lassen. Wo man also nur die Strahlungen kennt, welche bereits durch Glas hindurchgegangen sind, wird man nur mit einiger Vorsicht auf das schliessen können, was der eigentlichen Natur der Flamme selbst zukommt. In praxi sind für die gleichen Beleuchtungsarten erhebliche Differenzen nicht zu befürchten, weil die benützten Zugcylinder z. B. ganz unerheblich in ihren Dimensionen verschieden sind. Bei dem Vergleich verschiedener Beleuchtungssysteme steht die Sache freilich ungünstiger.

Man wird den Gedanken nicht von der Hand weisen wollen, vielleicht durch eine geeignete Correction den Einfluss des Beleuchtungskörpers aus den Betrachtungen zu eliminiren. Das ist aber nicht mit Sicherheit durchzuführen, weil man die

betreffenden Flammen nicht immer beliebig mit oder ohne Cylinder benützen kann, und aus den Wärmeabsorptionsverhältnissen unserer kleinen Flamme nicht auf diese Verhältnisse bei grösseren geschlossen werden kann.

Wir vermögen also z. B. über die Einflüsse der Gascylinder auf die Argandflamme bei maximalstem Consum nicht durch das directe Experiment zu entscheiden, sondern können nur im Allgemeinen sagen, dass sicherlich dem Zugcylinder eine erhebliche Strahlungsverminderung zu verdanken ist. Ich komme bei dem nachstehend besprochenen Auerlicht nochmal vergleichend auf den Argandbrenner zu sprechen.

Die Strahlungsverhältnisse des Auerlichtes habe ich eingehender studirt.

Tabelle I.

Bezeichnung	Strahlung auf 37,5 cm berechnet (Galvan. B.)	Spermacetkerzen Helligkeit
Auerlicht ohne Cylinder	857,2	42,1
» mit Cylinder	554,2	41,1
Argandlicht mit Cylinder, grosse Flamme	1337,0	15,0
» » » kleinere Flamme	626,7	12,0
Heisse Theile des Auerbrenners u. Cylinders	275,9	0
» » des Argand mit Cylinder, grosse Flamme	458,6	0
» » des Argand mit Cylinder, kleine Flamme	320,5	0
» » ohne Cylinder, Auerlicht	123,3	0
» » » » Argand, gross oder klein	54,6	0
» » Argand, kleine Flamme	266,0	0
» » » grosse Flamme	404,0	0

Ein neues Gasglühlicht zeigt nach etwa 8 bis 10 Stunden Brennzeit folgende Verhältnisse: Die Licht- und Wärmestrahlung sind gross; durch den Cylinder wird die Lichtstrahlung nur wenig geändert, die Wärmestrahlung aber bedeutend herabgesetzt. Ein erheblicher Theil dieser Wärmestrahlung rührt von den stark erhitzten Theilen

des Auerbrenners, nämlich 275,9 Sc.-Theilen[1]) entsprechend, her. Der Leuchtkörper selbst strahlt auch nach dem Ablöschen der Flamme noch reichlich Wärme aus, nämlich 123,3 Sc.-Theile. Ein erheblicher Bruchtheil hiervon ist gewiss auch dem Netz des Brenners zuzurechnen und kann als vermeidbare Entwickelung dunkler Wärme nicht angesehen werden, weil ja doch das Glühen der Theilchen zum Zwecke der Lichterzeugung unbedingt nothwendig ist. Die heissen Theile eines Argandbrenners, abzüglich des Glascylinders, machen für die Wärmestrahlung nicht viel aus. Dies gilt freilich nur für die von mir verwendeten Specksteinbrenner. Wärme besser leitendes Material lässt andere Zahlenverhältnisse erwarten.

Ich habe in der Tabelle die einzelnen Wärmewirkungen näher zusammengestellt; einmal für die im Betrieb befindliche Lampe, dann nach dem Ablöschen. Die letzteren Werthe finden sich unter der Bezeichnung »heisse Theile.« Da bei den heissen Theilen alle zusammen, dann aber auch nach Abnahme des Cylinders die Strahlung gemessen wurde, lässt sich auch angeben, wie viel der Wärmeabgabe auf diese Glastheile kommt.

Der Antheil, welchen der Glascylinder an der Ausstrahlung nimmt, hängt offenbar von der Gesammtmenge der erzeugten Wärme, dann aber auch von dem Gewicht der Glasmasse ab. Der Cylinder des Auerlichts wog wesentlich weniger als jener bei dem Argandbrenner, was sich aus der Vergleichung in vorstehender Tabelle ableiten lässt.

In manchen Fällen erweist sich der Zugcylinder zum Zustandekommen der Lichtintensität unbedingt als nothwendig. Die Argandlampe und die Petroleumlampen sind ohne den Cylinder nicht zu gebrauchen. Aber auch bei dem Auerlicht kann man nicht immer ohne den Cylinder eine grössere Lichtfülle als mit demselben erwarten.

Bei einem Auerlicht habe ich nach 400 Brennstunden Folgendes beobachtet:

Lichtstärke ohne Cylinder = 20,50 Kerzen, Strahlung 1349 Sc.-Theile, auf 1 Kerze 65,8. Lichtstärke mit Cylinder =

1) Galvanometer B.

38,60 Kerzen, Strahlung 926 Sc.-Theile; auf 1 Kerze 24,2 und ganz ähnlich bei einem Trendellicht:[1])

Lichtstärke ohne Cylinder = 20,68 Kerzen, Strahlung 1389; auf 1 Kerze 67,20. Lichtstärke mit Cylinder = 40,13 Kerzen, Strahlung 906,4; auf 1 Kerze 22,60.

Hier handelt es sich offenbar um eine ungenügende Bespülung des Glühkörpers mit Gas ohne Cylinder; namentlich bei etwas niederem Druck wird durch den Cylinder das Gas dann richtig mit dem Glühkörper in Contact gebracht.

Die strahlungsvermindernde Wirkung der Glascylinder ist aber auch hier sehr ausgeprägt.

Bei den elektrischen Glühlampen wird die Ausstrahlung auch durch die Umhüllung mit Glas modificirt; wir haben schon bemerkt, dass die bei diesen Lampen zur Anwendung kommende Glasmasse im Verhältnis zur Menge des ausgestrahlten Lichtes ungemein klein ist und die Wandungsdicke nur 0,4 bis 0,6 mm ausmacht. Die Glasmasse einer 16kerzigen Glühlampe betrug nur 18,0 g.

In voller Weissgluht führt die Glühlampe ausnehmend viel leuchtende Strahlen, was wir später noch eingehender beweisen werden. Die Absorption des Lichtes beim Durchgang durch Glas ist eine sehr geringe. Die Wärme und Lichtstrahlung ist der einzige Weg, auf welchem der Kohlenfaden Energie nach Aussen sendet. Das ihn umgebende Vacuum erlaubt keine andere Art der Uebermittlung.

Wir haben daher von vorneherein Grund zur Annahme, dass die Strahlung des Glühlichtes durch den Glasmantel zwar modificirt wird, aber nicht in demselben hohen Grade wie bei jenen Lichterzeugungsmethoden, bei welchen chemische Processe der Verbrennung mit dazu beitragen müssen, das Glühen des Kohlenstoffes zu erregen. Wir werden später in der Lage sein, in Zahlen anzugeben, wie viel strahlende Wärme durch die Glasbirne abgefangen wird.

---

1) Der Gasconsum des Trendellichtes ist grösser als beim Auerlicht.

Bei den Petroleumlampen ist schon für unser Gefühl die starke Erhitzung der Lampen sehr hervortretend. Bei Lichtstärke von 20 bis 50 Kerzen sind die dem Brenner benachbarten, Luft zuführenden Theile oft so heiss, dass man sie kaum berühren kann. Da wäre noch manche constructive Verbesserung anzubringen und zu ersinnen.

Bei einer mittelgrossen Salonlampe betrug die Wärme, welche die rasch abgelöschte Lampe noch ausstrahlte, bei 56 Sc.-Theilen im Brand, 25 bis 26 Sc.-Theile nach dem Ablöschen.

Im Vergleich damit stellt sich ein Argandbrenner guter Construction weit günstiger; die Strahlung der heissen Theile macht nur rund 51% der Strahlung im Brand bei kleinster Flamme und nur 34,3% bei Ausnützung der ganzen Leuchtkraft aus. Die Petroleumbrenner-Constructionen scheinen die einzige Einrichtung zu sein, bei welcher ein die Strahlung vermindernder Effect des Glascylinders nicht zum Ueberwiegeu kommt. Dieses hängt zum Theil damit zusammen, dass die Petroleumcylinder vielfach im Verhältnis zur Lichtstärke eine sehr erhebliche Masse besitzen und nicht mit gehörigem Bedacht ausgewählt werden.

Ich habe schon früher im Einzelnen Angaben über die Dimensionen der Petroleumglascylinder gemacht, auf welche verwiesen sein mag; zum Vergleich mögen aber ein paar Zahlen auch hier Platz finden. Die Glasoberflächen betragen:

Beim Argandbrenner	von	40	Kerzen:	325 qcm
» Gasglühlicht	»	60	»	360 »
Petroleumbrenner gute Sorte	»	16	»	543 »
» -Rundbrenner	»	20	»	396 »

Die ungemein starke Wärmestrahlung der Lampen hat einige Constructeure auf den Gedanken, einen zweiten Cylinder anzubringen, geführt; so ist ein solcher Cylinder bei der sogenannten Gesundheitslampe von Schuster & Bär angebracht. Er vermindert zwar auch die Lichtmenge um einige Procente, aber weit erheblicher noch die Wärmestrahlung. Bei meiner Lampe fiel die Letztere von 86 auf 44 Sc.-Theile (Galvan. B), also

um 49%. Aber immerhin sind auch solche Petroleumlampen noch Beleuchtungseinrichtungen, welche im Verhältnis zum Licht ziemlich viel strahlende Wärme liefern.

Der Glaszugcylinder wirkt also nur innerhalb gewisser Grenzen förderlich auf die hygienischen Eigenschaften der Beleuchtungseinrichtungen ein.

So vortheilhaft auch der Glascylinder durch Absorption der Strahlung werden kann, so ungünstig wirken die oberen Parthien des Cylinders, welche für die Absorption der Strahlung nicht weiter in Betracht kommen, welche aber, von den heissen Gasen angewärmt, die dunkle Strahlung zu vermehren im Stande sind. Auf eine möglichst sparsame Verwendung der Glasmassen sollte man also gebührend Bedacht nehmen. Es würde vielleicht in Erwägung zu ziehen sein, ob das von uns bis jetzt verwendete Glas nach jeder Richtung hin am zweckmässigsten genannt werden kann.

Aus unseren Beobachtungen ergiebt sich, dass in manchen Fällen die Erwärmung fester Theile der Leuchteinrichtungen verschwindend klein zur Gesammtausstrahlung ist, in anderen Fällen liegt aber eine ungünstige Beeinflussung vor, indem durch die Erhitzung der festen Theile durch die Verbrennungsgase eine bedeutende Vermehrung der dunklen Strahlung hervorgerufen wird.

In den meisten Fällen, in welchen von den Zugcylindern ein richtiger Gebrauch gemacht wird, und ihre Ausmaasse in richtigem Verhältnis zum Lichte stehen, verdanken wir ihnen eine erhebliche Minderung der Wärmestrahlung und eine Aenderung der Relation zwischen leuchtender und dunkler Strahlung zu Gunsten der ersteren.

Die meisten künstlichen Beleuchtungseinrichtungen wissen es also bei den günstigsten Lichterzeugungsbedingungen zu vermeiden, dass von dem ungeheuren Vorrath an Wärme, den die heissen Verbrennungsgase repräsentiren, ein grosser Antheil in strahlende Wärme umgewandelt wird, ja, der Gesammteffect der verwendeten Construction erreicht sogar zumeist

eine Verringerung der ohnedies nur einen kleinen Bruchtheil der Gesammtwärmeproduction betragenden leuchtenden und dunklen Wärmestrahlung.

b) Die Lichterzeugung und der Verbrennungsprocess.

Das, was man Methoden der Lichterzeugung nennt, kann principiell sehr verschieden sein; die älteren Beleuchtungs-Einrichtungen schöpften ihr Licht hauptsächlich aus Verbrennungsprocessen, die neueren aus der Umwandlung des elektrischen Stromes in Licht. Beide Methoden wirken eigenartig auf die Ausstrahlung ein; mehr indirect die erstere, gewissermaassen direct die zweite.

Ohne noch in das Wesen des Leuchtprocesses ganz eindringen zu wollen, kann man für diejenigen Beleuchtungsmethoden, welche auf Verbrennungsprocessen beruhen, leicht darthun, dass sie mit gewissen Unvollkommenheiten behaftet sind und eine reichliche dunkle Wärmestrahlung zeigen müssen.

Ueber das Leuchten der Flammen hat man mancherlei Theorien aufgestellt; unter den neueren Autoren wäre namentlich Weber zu nennen, der gewisse Eigenthümlichkeiten der Leuchtflamme durch eine sinnreiche Hypothese zu erläutern suchte. Wir kommen später auf einige diesbezügliche Thatsachen zu sprechen. Durch meine Untersuchungen wird, wie ich früher gezeigt, die Davy'sche Hypothese gestützt.[1])

Die Erregung des Lichtes in Leuchtflammen geschieht sozusagen auf einem Umwege. Die chemischen oxydativen Vorgänge des Verbrennungsprocesses liefern die nöthigen Kräfte, um die Spaltung kohlenstoffreicher Verbindungen einzuleiten und den ausgeschiedenen Kohlenstoff in Gluth zu versetzen. Die mehr passive Rolle, welche wir dem Letzteren zuweisen, reicht zum Verständnis der Vorgänge vollkommen aus.

Der Arbeitsleistung des elektrischen Stromes, welcher bei der Erzeugung des elektrischen Lichtes direct die Bewegung der

---

1) a. a. O.

Theilchen hervorruft, steht in dem Verbrennungsprocess ein indirect wirkender Vorgang gegenüber. In der elektrischen Lampe wird ausschliesslich von den glühenden, mit einander in Zusammenhang stehenden Kohlentheilen des Bügels durch Strahlung Wärme und Licht abgegeben, in einer Kerzen- oder Gasflamme von den glühenden Theilen, aber auch aus anderen, ausschliesslich der Verbrennung dienenden Processen, wobei dunkle Strahlung ohne Licht der übrigen Strahlung sich hinzufügt. Die Verbrennung von Leuchtgas erzeugt noch nicht Licht. Im Bunsenbrenner wird eine grosse Menge kohlenhaltiger Materie in die Endprodukte aufgelöst, aber diese offenbar ungemein rasch oder in anderen Zwischenstufen verlaufende Oxydation wirkt nicht auf das Auge.

Aus dem Dargelegten wird klar, warum der Energieverbrauch bei einem elektrischen Licht und einem Flammenlicht ungleich und zwar bei Letzterem grösser sein muss als bei Ersterem. Die elektrische Bewegung, welche durch den Kohlenfaden geleitet wird, findet dort nach Maassgabe des örtlichen Widerstandes entweder eine Umwandlung in Wärme oder bleibt ungeändert; der Process chemischer Umsetzungen bei der Verbrennung hat mit erheblichem Verluste an sich zu rechnen. Die Parallele zwischen elektrischer Lichterzeugung und solcher durch chemische Processe würde freilich richtiger nicht von dem gewonnenen elektrischen Strom, sondern von der Stromerzeugung ausgehen. Beim Verbrennungsprocess spielen sich alle Vorgänge in der Flamme ab, beim elektrischen Licht aber nur ein Theil der Processe in der Lampe, während die Erzeugung der Energie örtlich weit von dem Lichte getrennt sein kann.

Ich habe im Mittel gefunden, dass beim Leuchtendwerden der Bunsenflamme die Strahlung um 84% zunehmen kann; wenn demnach zuerst 100 Sc.-Theile dunkle Ausstrahlung vorhanden waren, so sind bei leuchtender Flamme 184 gegeben. Wenn die 100 dunkle Strahlung des nicht leuchtenden Bunsenbrenners in den 184 des leuchtenden noch mit enthalten wären, so würde die dunkle Strahlung etwa 54% des leuchtenden Brenners aus-

machen. Bei einem Gasglühlicht nur mehr 29% u. s. w. Aber diese Rechnung basirt auf nicht richtigen Voraussetzungen.

Das Leuchten der Kohlenstoffflamme beruht im Wesentlichen auf einer Ausscheidung feinster Partikelchen. Neben den rasch verbrennenden, aber kaum leuchtenden, kommen als Lichtspender diejenigen Partikelchen in Betracht, welche nur in Gluth erhalten sind, aber nicht brennen, wie der glühende, nicht verbrennende Kohlenbügel des Glühlichts. Die Kohlenpartikelchen sind ein Material, welches reichlich Strahlung abzugeben vermag. Die Letztere beruht auf dem Schwingungszustand, in welchem sie in dem heissen Gasgemische, d. h. also auf Kosten der verbrennenden Kohlenstoffantheile, unterhalten werden. Die leuchtende Flamme zeigt also eine andere Vertheilung des Wärmeverlustes, wie die nicht leuchtende.

Die nicht leuchtende verliert die Hauptmasse der Wärme an die Luft, die leuchtende viel durch die Strahlung. Es ist durchaus nicht nothwendig anzunehmen, dass ein glühendes Kohlenpartikelchen nur so viel Wärmestrahlen nach Aussen sendet, als es vermöge seiner Erhitzung bis zu vollkommener Verbrennung zu erzeugen vermöchte. Die Menge der nach Aussen gestrahlten Wärme wird von der Zeitdauer, während welcher ein Kohlenpartikelchen sich unverbrannt hält, abhängig sein. Die Rolle der Kohlenstoffpartikelchen als einfache Transformatoren der Energie würde als nothwendige Consequenz in sich schliessen, dass eine der Strahlung bezw. dem Schwingungszustande des Partikelchens entsprechende Menge an Energie den total verbrennenden, »heizend« wirkenden Flammenantheilen entzogen wird. In diesem Falle lässt sich also dann aus dem Strahlungszuwachse einer leuchtenden und nicht leuchtenden Flamme auch nicht entnehmen, welcher Strahlungswerth in einer leuchtenden Flamme den nicht leuchtenden Antheilen zukömmt; jedenfalls müsste Letzterer kleiner sein, als wir berechnen. Die gute Ausnützung eines Leuchtmateriales für die Beleuchtung besteht offenbar in manchen Fällen nur in der Kunst, mittelst des Kohlenstoffes Energie nach Aussen hin abzuführen. —

Von Interesse erscheint die Beobachtung, dass die Menge der von einer nicht leuchtenden Flamme abgegebenen strahlenden Wärme mit der Menge des verbrannten Gases zunimmt, d. h. innerhalb der von uns untersuchten Grenzen diesem Consum proportional ist. Dieses auf die Gesammtwärmestrahlung einwirkende Moment wird demnach im Allgemeinen von dem Gesammtverbrauch an Brennmaterial pro Kerze abhängig sein und die Strahlungsverhältnisse beeinflussen.

Die Bedeutung dieser, dunkle Strahlung abgebenden Theile der Leuchtflammen ergiebt sich schon für die blosse Betrachtung durch das Auge bei den Schnittbrennern, bei Zweilochbrennern, dem Argandbrenner und dem Kerzenmaterial. Besonders bei den Ersteren ist die leuchtende Zone durch eine sehr breite, dunkle, nicht leuchtende Zone ähnlich dem Farbentone eines Bunsenbrenners von dem leuchtenden Theil geschieden.

Nach Photogrammen solcher Flammen habe ich planimetrisch den nicht leuchtenden Theil 44% der Gesammtfläche betragen sehen; weniger scheidet sich der blaue Theil bei den grossen Argandflammen und den Kerzen — nur scheinbar, denn alle Theile der Flamme werden ja von einer für uns unsichtbaren, der Wärmeerzeugung dienenden Zone — von dem Schleier — eingenommen.

Je nach der technischen Vollendung eines Brennersystems wird das Verhältnis, in welchem diese dunkle, durch den Verbrennungsprocess bedingte Wärmeerzeugung zu der leuchtenden Strahlung steht, Verschiebungen der mannigfachsten Art erleiden. Es handelt sich also vielfach für die Technik darum, den unbedingt für die Wärmeerzeugung erforderlichen Energieverbrauch möglichst einzuschränken.

Die Strahlung von dunklen und leuchtenden Theilen eines Zweilochbrenners habe ich etwas näher gemessen. Hinter einem Spectralspalt befand sich ein Brenner; es wurden alternierend die blaue und die leuchtende Zone desselben untersucht und gefunden, dass die Strahlung einer gleich grossen leuchtenden und einer dunklen Stelle der Leuchtflamme sich wie 100 : 283

verhielt. Diese leuchtenden Stellen waren ausnehmend schön weissglänzend ähnlich einem in bester Gluth befindlichen elektrischen Glühlicht (Quotient $\frac{Gr}{R}$ Licht = 1,25).

Das, was wir als eine mittlere Licht- und Strahlungs-Intensität einer Leuchtflamme messen, setzt sich aus sehr ungleichen Componenten zusammen. Das glänzende Licht einer derartigen Leuchtquelle entscheidet durchaus noch nicht, wie man vielfach meint, über einen Fortschritt in der Ausnützung der latenten Kräfte des Beleuchtungsmaterials. Dem glänzendsten Licht einzelner Flächen der Flamme kann eine ausgiebige dunkle Strahlung an anderen Stellen gegenüberstehen.

In manchen Fällen gibt diese glückliche Vertheilung zwischen dunkler Wärmestrahlung und leuchtenden Theilen Erklärung für die Abnahme der relativen Wärmestrahlung z. B. für Kerzenflammen verschiedener Grösse, wobei die grössere den Vortheil relativ geringerer Strahlung besitzt; oder bei Schnittbrennern und Zweilochbrennern verschiedener Grösse, oder bei Schnitt- und Zweilochbrennern, wenn sie mit verschiedenem Consum gebrannt werden.

Aber es wäre ganz unmöglich, alle Eigenthümlichkeiten geringer oder starker Strahlung aus den bis jetzt erörterten Umständen allein abzuleiten. Es kommen auch Gasschnittbrenner in Gebrauch, deren blaue Zone überhaupt nur eine geringe Ausdehnung besitzt; oder man sieht bisweilen, wenn man einen Brenner allmählich grösser macht, trotz Ausbildung einer blauen Zone die relative Wärmestrahlung sinken. Bei dem Argandbrenner bietet sich nur bei kleinen Flammen Gelegenheit, von dem Einfluss der nicht leuchtenden Zone zu sprechen; wird die Flamme gross genommen, so tritt die blaue Zone verhältnismässig sehr zurück.

Im Grossen und Ganzen findet man bei verschieden grossen, aber in der Form ähnlichen Lichtflammen der Thatsache, dass die stärkere Lichtquelle verhältnismässig am wenigsten relative Strahlung aufweist. Erklärt sich dieses Verhältnis nicht unmittelbar

aus dem Bau der Flamme, soweit es leuchtende oder dunkle Strahlung betrifft, so kann ein Grund für die genannte Ungleichheit darin gesucht werden, dass bei erheblicher Verschiedenheit oder Grösse der Leuchtflammen die ungleiche relative Oberfläche derselben durch Abkühlung und Wärmeverlust die mittlere Temperatur der Flamme zu beeinflussen im Stande ist. Zur Erreichung des gleichen Höhegrades der Temperatur muss in beiden Fällen ungleich viel — bei der grösseren Leuchtflamme relativ weniger, bei der kleinen relativ mehr — verbrennliches Material aufgewendet werden. Jede Vermehrung der relativen Oberfläche einer Leuchtflamme führt eine Gelegenheit zu directem Eingriff des Luftsauerstoffs auf die Verbrennung mit sich und wirkt begünstigend auf den Materialverbrauch und ungünstig auf die Lichtentwickelung.

c) Ueber allgemeine Beziehungen zwischen Licht und Wärmestrahlung.

Die Verschiedenheiten in der relativen Wärmestrahlung lassen sich aus den Ungleichheiten der Erwärmung fester Theile des Brenners und Cylinders oder aus dem Einfluss des Verbrennungsprocesses allein nicht erklären. Bei manchen Beleuchtungsarten spielen Vorgänge erstgenannter Art überhaupt keine Rolle, wie bei manchen Kerzen mit spärlichem Docht, beim Bogenlicht, beim Specksteinbrenner, dem Magnesiumlicht, oder sie wirken sehr gleichartig in allen Fällen, wie beim elektrischen Glühlicht, das abwechselnd mit verschieden starken Strömen betrieben wird. Trotz alledem zeigen die Kerzen, die Gasbrenner, elektrischen Lampen sowohl unter sich, und in einer Versuchsreihe bei verschiedener Helligkeit verglichen, als auch, wenn man die relative Wärmestrahlung verschiedener Systeme unter einander vergleicht, gewaltige Differenzen, welche der Erklärung harren.

Die merkwürdigen Verhältnisse der Lichtentwickelung bei den elektrischen Glühlampen, welche aus keinem der bis jetzt angeführten Momente erklärt werden können, machen es noth-

wendig, nach einem dritten, wichtigen Factor für die Lichterzeugung zu suchen, welcher zugleich die relative Wärmestrahlung erheblich beeinflusst. Kein Material eignet sich so vorzüglich für derartige Messungen wie die Glühlampe in ihrer beliebigen Variation des Lichtes. Wir verfügen über ausreichend zahlreiche Messungen, die wir schon a. O. mitgetheilt haben. Diese Reihen haben im Nachfolgenden noch gewisse Ergänzungen erfahren, welche zur Aufklärung des inneren Zusammenhanges zwischen Licht und Wärme erwünscht erschienen.

Wir verweisen bezüglich der einzelnen Angaben auf die im Theil II im Detail aufgeführten Untersuchungen und Zahlen. Die Messungen begannen mit dem schwächsten Strom und wurden bis zu maximalster Leistungsfähigkeit der Lampen fortgeführt. Im allgemeinen aber wurde der Grenzwerth, welcher für die Inanspruchnahme der Lampen von Seiten der Fabrikanten gegeben war, nicht überschritten.

Die gesetzmässige Beziehung, dass mit zunehmender Lichtstärke die relative Strahlung abnimmt, findet sich überall bestätigt; sie besagt uns, dass mit Zunahme des Lichtes der Strahlungswerth der Lichtstrahlen vermuthlich immer mehr und mehr über den Strahlungswerth der dunklen Wärmestrahlnng überwiegt. Ein Versuch, die Lichtmengen mit den Strahlungswerthen ohne Reduction auf die Kerzeneinheit zu vergleichen, führt zu keinerlei brauchbaren Ergebnissen.

Will man zu einem verknüpfenden Band zwischen Licht und Wärme gelangen, so muss man noch andere, bisher in dieser Hinsicht wenig beachtete Eigenthümlichkeiten der Lichterzeugung mit in Erwägung ziehen. Bei unseren Experimenten mit dem elektrischen Glühlicht, über welche wir oben berichteten, hat sich keineswegs nur die Lichtstrahlung und Wärmestrahlung geändert, sondern auch in offenkundigster Weise die Qualität des Lichtes.

Wenn man den Strom durch eine Glühlampe gehen lässt und im Dunkelzimmer sich befindet, so wird man, vorausgesetzt dass das Auge nahe an den Kohlenfaden herangebracht wird, zuerst das Auftreten eines graulichen Schimmers, der in seiner Unbestimmtheit den Eindruck phosphorescirenden Lichtes macht,

erkennen.[1]) Aendert man nur wenig den Standpunkt des Auges, so verschwindet dieses Grau völlig; man hat auch den Eindruck, als wäre es nicht beständig in der Helligkeit. Im Spectralapparat kann man irgendwelche Lichterscheinung natürlich nicht wahrnehmen. Wächst der Strom, so erhält man manchmal den Eindruck eines grünlichen Lichtes und dann eines rothen, und dieser Charakter des rothen Lichts erhält sich ungemein lange, bis das Licht mehr gelb erscheint. Bei Beobachtung mit dem Spectralapparat entdeckt man zuerst ein Licht im Grün, während der Kohlenbügel für die unmittelbare Beobachtung bereits den Eindruck von Roth macht, dann bei stärkerem Strom folgt rothes Licht, anfänglich durch dunkle Strecken von Grün geschieden. Erst später wird das Spectrum continuirlich und dehnt sich bis weit in's Violett hinein aus.

Bei der spectralen Beobachtung spielen offenbar die Ungleichheiten der Wahrnehmung des Lichts — von den Absorptionserscheinungen ganz abzusehen — eine wichtige Rolle. H. Ebert[2]) hat bei dem Spectrum eines Gaslichts darthun können, dass das Auge die einzelnen Bezirke ungleich gut empfindet. Die Qualitäten des Lichts, welche nothwendig sind, um eben Farbenempfindung auszulösen, differiren für einzelne Spectralbezirke ungemein. Die geringste Lichtmenge ist erforderlich bei Grün, in abnehmender Reihe folgen: Roth, Grünblau, Gelb, Blau.

In erster Linie interessiren die Farbeneindrücke des Auges bei unmittelbarer Beobachtung des Lichts.

Das Glühlicht mit grosser Wärmestrahlung hat röthliches Licht, und das Glühlicht mit kleinster relativer Wärmestrahlung hat weisses oder gelbweisses Licht, wie jenes des glänzendsten Theiles eines Schnittbrenners.

Auf die Farbe des Lichtes haben wir Bedacht genommen, da ja die photometrische Messung mittelst des Weber'schen Instrumentes ausgeführt worden war. Wir können wenigstens für das Verhältniss des »rothen« und »grünen« Lichtes nähere Angaben machen.

---

1) Bei Platin zuerst von E. Wiedemann beobachtet.
2) H. Ebert, Wiedemann's Ann., XXXIII, S. 136.

Vergleicht man die Quotienten $\frac{Gr}{R}$ mit den für 1 Kerze Helligkeit (k. J.) ausgestrahlten relativen Werthen der Wärme, ausgedrückt nach Scalentheilen des Galvanometers (oder nach den absoluten Werthen der Strahlung), so scheint sich ein sehr einfaches Gesetz für das Fallen und Steigen der relativen Strahlungswerthe zu ergeben; sie fallen mit wachsendem Quotienten und

Tabelle II.

Nr.	$\frac{Gr}{R}$ Licht	$\frac{R}{Gr}$ Licht	Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit u. 37,5 cm Abst.	Nr.	$\frac{Gr}{R}$ Licht	$\frac{R}{Gr}$ Licht	Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit u. 37,5 cm Abst.
1	0,600	1,66	646,9	7	0,948	1,06	77,9
2	0,673	1.48	321,2	8	1,156	0,94	26,3
3	0,706	1,41	270,0	9	1,127	0,88	38,6
4	0,763	1,20	262,0	10	1,165	0,86	31,4
5	0,870	1,15	135,5	11	1,240	0,81	24,8
6	0,910	1,09	83,9				

sinken mit Zunahme desselben, woraus auch folgt, dass die für die Lichteinheit berechneten Strahlungswerthe der Lampen mit dem reciproken Quotienten $\frac{R}{Gr}$ ansteigen; ich habe die letzteren gleich in die Tabelle eingesetzt. Eine grosse Schwierigkeit behufs Aufdeckung näherer Beziehung zwischen den Quotienten $\frac{Gr}{R}$ oder deren reciproken Werthen liegt in dem Umstand, dass diese Werthe nicht so scharf zu bestimmen sind, als für diese Frage wünschenswerth sein möchte. Dieses gilt speciell für die sehr niederen Werthe von $\frac{Gr}{R}$, bei denen die Gasammtquantität des Lichtes bisweilen sehr gering war. Um die Schwankungen durch kleine Beobachtungsfehler auszuschliessen, legte ich meine Messungen in folgende 6 Mittelwerthe zusammen:

$\frac{Gr}{R}$	Ausschlag des Galvanometers	$\frac{Gr.}{R.}$	Ausschlag des Galvanometers
0,63	484	0,93	81
0,73	266	1,12	32
0,87	135	1,24	25

Zwischen diesen Werthen scheinen mir folgende Beziehungen, wenigstens innerhalb der von mir geprüften Grenzen von 0,6 bis 70 Kerzen Helligkeit — also innerhalb der praktisch vorkommenden Hauptschwankungen zu bestehen. Nennt man S_1, S_2 die pro 1 Kerze berechneten Strahlungswerthe, Gr_1 und Gr_2 die entsprechenden Quotienten für $\frac{Gr}{R}$, so hat man:

$$S_1 : S_2 = (Gr_2)^4 : (Gr_1)^4$$

$$\text{oder } S_1 \cdot (Gr_1)^4 = S_2 \cdot (Gr_2)^4 = S_3 \cdot (Gr_3)^4 \text{ u. s. w.} = C.$$

$$C = S_1 \, (Gr_1)^4$$

$$S_1 = \frac{C}{(Gr_1)^4}.$$

Es kann also der Werth S aus einer Beobachtung von rothem und grünem Licht abgeleitet werden. Wollte man von $\frac{R}{Gr}$ Werthen ausgehen, so würden die Ergebnisse der Rechnung zu den oben ausgeführten reciprok sein.

Rechnet man meine aufgeführten Messungen für C und $\frac{Gr}{R}$ durch, so findet man folgende Werthe:

$C = 76,2$	$C = 50,4$
75,5	58,9
59,2	

Die grossen Werthe sind nicht so sicher wie die niedrigen, weil erstere bei sehr geringer Lichtstärke gewonnen sind; immerhin kann man sie für die gesuchte Näherung zu einem Mittelwerth vereinen, so dass $C = 66 \cdot 2$ wird.

Mit dieser Grösse berechne ich theoretisch aus den Quotienten die relative Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit, wobei sich findet: (Siehe Tabelle II auf S. 320.)

Die berechneten Werthe stimmen also gut mit den directen Beobachtungen und Messungen überein[1] und beweisen die Richtigkeit unserer Annahmen.

---

1) Die geringen Abweichungen erklären sich zum Theil aus dem Umstande, dass der zur Berechnung des Beleuchtungseffectes verwendete Factor k in etwas anderer Weise wächst als der Quotient $\frac{Gr.}{R.}$

Für das Studium der Wärmestrahlung nnd für die Vergleichung der Abhängigkeit der letzteren von der Lichterzeugung ist eine genaue Bestimmung des Farbencharakters eines Lichtes nothwendig. Wie Macé de Lepinay gefunden, dass die Beleuchtungsintensität im allgemeinen wesentlich von zwei Spectralbezirken, von grün und roth bestimmt wird, so zeigen unsere Untersuchungen die Bedeutung dieser gleichen Bezirke für die Strahlung im allgemeinen. Der Beleuchtungswerth des grünen und rothen Bezirks und sein bestimmender Charakter für die Leuchtkraft verräth sich auch bei oberflächlicher Betrachtung des Spectrums dem freien Auge.

Tabelle III.

$\frac{Gr}{R}$ Licht	$\frac{R}{Gr}$ Licht	Strahlung pro 1 Kerze u. 37,5 cm Abst.	Berechnete Strahlung
0,63	1,57	484	420
0,73	1,37	266	233
0,87	1,15	135	115
0,93	1,07	81	88
1,12	0,89	32	42
1,24	0,81	25	28

Die Methode der Beobachtung mit farbigen Gläsern könnte man eine etwas primitive nennen; man sollte glauben, es müsste besser sein, mittelst des Spectralapparats einzelne Bezirke zu vergleichen. Dieser Gedanke wird von Jedem, der vielerlei Messungen mit dem Weber'schen Photometer gemacht hat, ventilirt werden und ist von Weber selbst gewürdigt worden; einige ältere Instrumente, wie die meinen, besitzen sogar besondere Ansatzrohre zur Einfügung eines Spectraltheiles. Der Vorzug besteht darin, dass man gleiche Farbengebiete zur Vergleichung erhält, der Nachtheil bei den Gläsern darin, dass sich fremde Strahlen beimengen. Wenig und selten störend ist ein leicht gelber Ton bei dem rothen Glas, störender dagegen die Durchsichtigkeit des grünen Glases für blaues Licht. Die Anwendung eines blauen Glases erleichtert die Aufgabe durchaus nicht besser, weil auch grün durchgelassen wird. Man ist also gezwungen,

wohl oder übel mit Vernachlässigung der Farben auch bei Anwendung gefärbter Gläser nur auf gleiche Helligkeit einzustellen.

Für die Glühlampenbeobachtungen hat man im allgemeinen Schwierigkeiten bei sehr hohen Quotienten, bei den kleineren hat man nur reines Roth und reines Grün zu messen.

Die derzeitige Ausstattung des Weber'schen Spectralrohres würde unbedingt zu verbessern sein; ich habe aber doch die Messung mit den Gläsern fortgesetzt, selbst nachdem ich die Bedeutung des Quotienten für die Strahlung kennen gelernt, weil in der That die Genauigkeit der Resultate den Anforderungen entspricht, und weil das ganze umfangreiche Material einer vollkommenen Umarbeitung hätte unterworfen werden müssen, und schliesslich, weil die Beobachtung mit Gläsern den ungemeinen Vortheil besitzt, dass ganze Gruppen von Strahlen durchgelassen werden und nicht allzu kleine Bezirke, wie beim Spectralapparat.

Zur Orientirung der Beziehung zwischen den Quotienten $\frac{Gr}{R}$, wie man ihn mit meinem Weber'schen Photometer erhält, und den spectralen Beobachtungen möge Folgendes dienen:[1])

für	0,75	als	Quot.	reichte	das	Spectrum	von	75	im	Roth	bis	gegen	140	im	blau
»	0,86	»	»	»	»	»	»	75	»	»	»	»	170	»	»
»	0,94	»	»	»	»	»	»	75	»	»	»	»	200	violett.	Ton
»	1,20	»	»	»	»	»	»	75	»	»	»	»	220	»	»

Auch bei dem niedersten Quotienten, den man erhält, ist erheblich viel Grün dem Licht beigemengt. Roth allein konnte ich nie im Spectrum wahrnehmen; unter allen Umständen findet man nebenbei reichlich Grün.

Die Verbreitung des Spectrums nach dem violetten Ende zu trägt jedenfalls nicht sehr erheblich zum Wachsthum der Gesammthelligkeit bei. Den wesentlichsten Antheil an letzterem nimmt der Intensitätszuwachs im Grün und Roth. Eine Verschiebung der äussersten Grenze für Roth bemerkt man auch bei stärkster Zunahme der Gesammt-Lichtstärke nicht.

Nachdem ich die Beziehungen der relativen Wärmestrahlung zu dem Quotienten des Lichtes erkannt hatte, liess ich mir eine

1) Die Natriumlinie liegt bei 105,5, die Lithiumlinie bei 85,0, die Cäsiumlinien bei 169 und 173.

200kerzige Glühlampe construiren; ihre Anordnung des Kohlenbügels war eine ganz andere wie jene der Edisonlampe. Zwei Bügel waren in den kugelartigen Glasbehälter eingeschlossen. Mit der Lampe ist nachfolgende Reihe ausgeführt, wobei ich bemerke, dass diese Glühlampe in verschiedenen Quadranten eine sehr ungleiche Strahlung besass. Es wurde in einer zur Bügelebene senkrechten Richtung gemessen. Da die photometrische und die Strahlungs-Messung nicht gleichzeitig gemacht werden konnten, so musste jedesmal die Lampe zur einen oder anderen Messung um 90° gedreht werden[1]). Diese Einstellung erklärt vielleicht kleine Unregelmässigkeiten in den Zahlen der Tabelle IV.

Tabelle IV.

Nr.	Quotient $\frac{Gr}{R}$ Licht	Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm[2]) Abst. in °	Werth für C. Sc.-Theilen pro 37,5 cm Abst.	Absoluter Werth in M-Cal. p. Min. u. 37,5 cm Abst.
1	0,48	1647	(90,72)	(8,714)
2	0,55	422,8	38,96	3,74
3	0,77	121,7	42,21	4,06
4	0,98	55,3	51,71	4,97
5	1,05	30,1	36,69	3,54
6	1,15	26,1	46,24	4,44

Die Ergebnisse lehren, dass auch hier mittelst einer Constante die jeweilige Strahlung aus dem Quotienten sich berechnen lässt. Diese Constante repräsentirt aber einen etwas kleineren Werth als bei den anderen Glühlampen, nämlich mit Ausschluss des ersten Werthes 4,15 m-Cal. (auf 37,5 cm. gerechnet).

Für die elektrische Glühlampe haben wir also einen wichtigen Factor für die Ausstrahlung: die Qualität des Lichtes, wie sie sich nach verschiedenen Spectralbezirken, oder nach dem Intensitätsverhältnis zwischen Grün und Roth sich berechnen lässt, erkannt.

---

1) Ich habe später die Lampe auf einer Drehscheibe montiren lassen, welche absolute genaue Einstellung erlaubte.

2) Senkrecht zur Ebene der Kohlenbügel; Galvan. B.

Es kann von vornherein keinem Zweifel unterworfen sein, dass wir es bei diesen Beziehungen nicht mit einem Specialfall für die elektrischen Glühlampen, sondern vermuthlich mit einem allgemein durchgreifenden Gesetz zu thun haben. Kein Moment, welches wir bisher kennen gelernt haben, hat sich von so gewaltigen Ausschlag gebender Bedeutung erwiesen, wie das genannte, und wenn man die Farbeneigenthümlichkeiten der einzelnen Beleuchtungseinrichtungen betrachtet und sich die Verschiedenheiten des Quotienten vor Augen hält, so muss man sagen, dass alle Lichtquellen in der Eigenart ihrer relativen Wärmestrahlung von diesem Momente beeinflusst sein müssen.

Es wäre sehr erwünscht gewesen, wenn ich auch noch höhere Quotienten, wie die bisher untersuchten, in ihrer Beziehung zur Wärmestrahlnng hätte vergleichen können. Brauchbares Material hierzu böten die Bogenlampen; aber der Vergleich mit den Glühlampen wird schon durch den Umstand, dass die Bogenlampen ihr Licht ganz frei ausstrahlen, erschwert. Wie auch erwähnt, hatte ich, wie alle anderen Beobachter vor mir, mit der rasch schwankenden Helligkeit des Bogenlichtes recht unangenehme Erfahrungen gemacht, die um so schwerer empfunden werden, als die Messung des grünen und rothen Componenten an sich nicht immer ganz einfach ist, und schon kleine Differenzen der Ablesung im Resultate sehr fühlbar sind. Dazu kommt für unsere Betrachtungsweise der noch erschwerende Umstand, dass die Quotienten $\frac{\text{Grün}}{\text{Roth}}$ nach den 4. Potenzen in der Rechnung erscheinen. Auch wird beim Bogenlicht die Ablesung in Grün, die ich schon bei dem Auerlicht besprach, durch die verschiedenen Nuancen beider Gesichtsfeldhälften, bereits unbequem. Immerhin habe ich mich bemüht, wenigstens einen Versuch in der gedachten Richtung auszuführen.

An der kleinen Bogenlampe habe ich drei Messungen ausgeführt, welche annähernd das für die Glühlampen gegebene Gesetz bestätigen. Ich fand;

bei 190	Spermacetkerzen	1,68	als Quot.	u.	24,4°	Ausschlag	pr.	Kerze
» 488	»	1,80	»	»	9,44°	»	»	»
» 596	»	2,04	»	»	6,92°	»	»	»

Daraus würde sich als Constante ableiten in Graden:

116,4	und absolut in M.-Cal.	11,19°
72,8	» » » » »	6,99
98,5	» » » » »	9,47

Eine grosse Demonstrationslampe mit 795 Kerzen gab höhere Werthe, was entweder auf die Strahlung der warmen Eisentheile, oder auf ungenügende Inanspruchnahme der Lampe durch den Strom schliessen lässt.

Bei der Schwierigkeit der Messung widersprechen die oben mitgetheilten Zahlen nicht der Annahme ähnlicher Beziehungen zwischen Licht- und Wärmestrahlung, wie wir sie für die Glühlampe angegeben haben.

Die freie, von Glas unbehinderte Strahlung der Bogenlampe macht die grösseren, das Glühlicht überragenden Werthe der Constante verständlich. Durch eine Glasscheibe fiel die Ausstrahlung einer Bogenlampe von 120 auf 67,3°.

Die Berechnung der Strahlungsconstante, wie wir kurzweg die im Vorstehenden öfters berührte Grösse nennen wollen, gibt den Werth für den Quotienten = 1 an. Dieser Quotient will nichts anderes besagen, als dass wir unsere Lichtquelle in ihren Qualitäten und soweit die Mengen des grünen und rothen Lichtes Anhalt dafür gewähren, dem Benzinlicht unseres Photometers gleich gemacht haben. Sie bietet also auch die Basis für manche Vergleichungen sonst völlig heterogener Lichtquellen unter einander.

Die Strahlungsconstanten sind verschieden für verschiedene Systeme der Beleuchtung, was noch zu erweisen sein wird; auch für die elektrischen Lampen dürfte Aehnliches zu vermuthen sein, weil ja noch nebensächliche Factoren, wie die Glashülle, von Einfluss sind.

Es dürfte sich im allgemeinen nicht empfehlen, für die Constante die Bezeichnung nach Scalentheilen meines Galvanometers beizubehalten; die Angabe wird zweckmässiger Weise in absolutem Maasse ausgedrückt werden können.

Setzt man an Stelle von C = 66.2 Scalentheile die absoluten Maasse, so hat man für die drei kleinen elektrischen

Lampen: pro 1 Min. 1 qcm und 37,5 cm Abstand C = 66,2 × 0,0000961 grcal. = 0,006362 grcal. = 6,362 Mikro-Calorien.

Aus unseren Untersuchungen folgt für das elektrische Glühlicht, dass mit den 4. Potenzen der Quotienten aus grünem und rothem Licht die für eine Kerze Helligkeit berechnete Wärmestrahlung abnimmt. Das Licht besteht also, je grösser die 4. Potenzen der Quotienten werden, immer reichlicher aus leuchtenden Strahlen. Die relative Abnahme der dunklen Strahlung erscheint eine ganz gewaltige. Für eine einzelne Lampe gerechnet, würde sich zeigen lassen müssen, dass die absoluten Werthe der Strahlung wachsen wie die 4. Potenzen des Quotienten. Dies gibt uns einen Fingerzeig für den inneren Zusammenhang des Lichtes und der Wärme.[1])

Wir dürfen vermuthen, dass die Veränderungen in der Farbenzusammensetzung des Lichtes mit den Temperaturen des Kohlenbügels weiterschreiten, während nach dem Stefan'schen Gesetze der Strahlung die ausgesandte Energie mit den 4. Potenzen der absoluten Temperatur vorwärtsgehen.

Wenn es möglich ist, durch Aufsuchung einer Strahlungsconstante gewissermaassen bei den verschiedenartigen Beleuchtungseinrichtungen, bei welchen glühender Kohlenstoff in Frage kommt, die verschiedenen Grade des Glühens durch die Berechnung zu eliminiren, so hätte eine Vergleichung der Constante bei den Kohlenstoffflammen mit den elektrischen Lichtsorten eine interressante Beziehung gewonnen. Man wird zwar nicht erwarten können, dass die Kohlenstoffflammen mit dem elektrischen Lichte gleiche Constante besitzen, aber andererseits braucht man nicht zu befürchten, dass durch die Eigenthümlichkeiten des Verbrennungsprocesses, den wir früher geschildert haben, die inneren Beziehungen ganz verwischt werden. Die Eigenartigkeit der beiden Lichterzeugungsmethoden werden erst zum vollen Ausdruck kommen, wenn man die Ungleichheiten der Quotienten des Lichts und ihren Einfluss auf die Strahlung zu eliminiren in der Lage ist.

Ungleichheiten der Quotienten kommen bei den Leuchtflammen überall zur Beobachtung. Selbst eine einfache Kerzen-

1) S. später.

flamme hat bei verschiedener Flammenhöhe keine einheitliche Vertheilung von grün und roth; die Schnittbrenner können gleichfalls etwas schwanken, je nachdem die Flamme gross oder klein brennt; beim Argandbrenner ist die Farbenveränderung so auffallend, dass sie bei kleiner oder grosser Flamme vom blossen Auge leicht wahrgenommen wird. Ungleiche Hitzegrade erzeugt in der Beleuchtungstechnik häufig die Stärke einer Flamme; je massiger sie wird und je weniger Sauerstoff in ihre Tiefe dringt, um so ungleicher werden die Temperaturen und damit die vom Kohlenstoff nach Aussen geleitete Strahlung.

Es dürfte daher nicht ohne Interesse sein, auch einige Messungen an Kohlenstoffflammen einer Durchrechnung zu unterziehen nach denselben Gleichungen, die oben bereits Anwendung gefunden haben.

Nachstehende Tabelle enthält die Resultate zunächst für das Kerzenmaterial.

Tabelle V.

Material	Quotient	Strahlung p. 1 Kerze u. 37,5 (Galv. A.)	Werth für C. in Sc.-Theilen	Absol. Werth in M.-Cal.
Paraffin	1,03	49,5	55,71	11,19
Stearin	1,03	53,4	60,10	12,08
Talg	1,00	52,5	59,20	11,90
Wachskerzen	0,99	61,5	56,70	11,40

Wir sehen, dass die Wärmestrahlungsverhältnisse der Kerzen sich ähnlich verhalten, wenn man berücksichtigt, dass ihre Lichterzeugung etc. von Natur aus etwas verschieden ist. Während früher, als wir die verschiedenartigen Beleuchtungsmaterialien (Kerzen) auf ihr relatives Strahlungsvermögen verglichen, für Wachs nicht unbeträchtlich höhere Resultate als bei den anderen Materialien erhalten worden waren, sehen wir jetzt bei der Berechnung der Constante, dass auch bei den Kerzen ihre specifische Farbe der Flamme bereits eine gewisse Rolle spielt und dass nach Begleichung dieses Einflusses die Uebereinstimmung im Einzelnen noch besser wird. Die absoluten Werthe der Con-

stante *C* bleiben alle wesentlich höher, als jene für das elektrische Glühlicht, was recht wohl erklärlich erscheint, da ja einerseits das Glühlicht von einer Glashülle umgeben ist, und einer besonderen Heizung zum Glühendmachens des Kohlenstoffs nicht bedarf.

Die Zahlen stimmen so weit überein, dass man einen Mittelwerth für die Flammen zu ziehen wohl berechtigt ist; er beträgt 11.64 M.-Cal., ist also erheblich grösser als der für elektrische Glühlampen erhaltene; der vorhandene Ueberschuss der Strahlungsconstante rührt von der Eigenart des Verbrennungsprocesses her, welcher, von anderen Eigenthümlichkeiten abgesehen, durch die definitive Zersetzung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes dunkle Strahlung nach Aussen sendet.

Nach früheren Erörterungen spielen bei den Leuchtgasflammen die Verbrennungsprocesse eine bedeutende Rolle für die Ausstrahlung.

Die Form der Flamme und die Art der Lichtentwicklung ist bei dem Schnittbrenner different von den Kerzen; die von mir geprüften drei Schnittbrenner zeigen ziemlich einheitliche Verhältnisse. Es ist zu erwarten, dass verschiedene Constructionen ungleich sich verhalten werden. Im Allgemeinen veranlasste die geringe practische Bedeutung, die heutzutage diese offenen Brenner, namentlich für die hygienisch wichtigen Beleuchtungsweisen haben, vorläufig kein eingehenderes Studium. Es ergab sich in drei Fällen:

Brenner	Lichtstärke	Quotient	Strahlung pr. 1 Kerze bei 37,5 cm Abst.	Werth für *C*	Absoluter Werth in Mcal.
A.	14,5	1,03	77,12	83,5	8,03
B.	16,5	1,02	70,10	80,8	7,81
C.	22,0	1,02	78,75	85,2	8,19

Ein Zweilochbrenner gab bei höheren Quotienten einen etwas höheren Werth als die Schnittbrenner. Die Constanten würden selbstverständlich nur für dieselbe Gasart und dieselben äusseren Verhältnisse wie Luftdruck u. dgl. Geltung haben können.

Bei diesen Brennern findet die Lichtentwicklung in einer vorzüglich leuchtenden Zone mit dem Quotienten 1,2—1,33 statt, die dieser Zone zukommende specifische Strahlung wird aber gestört durch die dunkle Ausstrahlung einer mächtigen blauen nicht leuchtenden Fläche.

Bei den Zweilochbrennern zeigte sich zwar die Flamme von grossem, immer weit höherem Glanze als meinem Schnittbrenner zukam; aber namentlich bei den Brennern für kleinen Consum war die leuchtende Zone nur ein breites Band, nach unten nach dem Brenner zu folgte Gas von blauer Farbe; diese dunkle Fläche strahlte aber erheblich Wärme aus. Es lässt sich demnach kaum mit Bestimmtheit etwas über die gesetzmässige Rückwirkung des Quotienten auf die Strahlung aussagen. Die Bedeutung eines hohen Werthes für $\frac{Gr}{R}$, wie er sich aus dem von einer Stelle ausgehenden Licht ableiten liesse, kann durch die dunkle Strahlung der blauen Flächen völlig wieder wett gemacht werden. Als ich eine derartige Berechnung anstellte, erwiesen sich, wie vorauszusehen war, die Werthe Quotient^4 $\times$ Strahlungswerth pro Kerze von der Grösse der Lichtquelle, oder wie man nach den Beobachtungen sagen konnte, von dem Verhältnis zwischen leuchtenden und nicht leuchtenden Flammenflächen als abhängig.

Die Verhältniszahlen erleiden auch bei dem Argandbrenner Störungen; eine einheitliche Constante geben die kleineren Lichtstärken, die grösseren nicht. Dies rührt unzweifelhaft von der Beeinflussung durch die Erwärmung des Glascylinders her. Der für die relative Strahlung günstige Einfluss, welcher in der Erhöhung des Quotienten auf 1,07 liegt, wird übercompensirt durch die Erhitzung des für diese kleine Flamme übermässig grossen Glascylinders. Bei voller Ausnützung der Flamme fällt dann *C*, weil die Ausstrahlung der Kohlenstoffflamme durch den Glascylinder erheblich vermindert wird.

Argand	Lichtst.	Quotient	Strahlg. p. 1 Kerze u. 37,5 cm Abstd.	Werth für *C* in °	Absol. Werth in M-cal.
Kleine Fl. .	7—14	1,07	83,2	109,0	10,47
Grosse Fl. .	20—40	0,89	67,3	42,22	4,06

Das elektrische Glühlicht, das Kerzenmaterial, das Gaslicht, Schnitt- und Argandbrenner haben ähnliche Constanten, ein Umstand, welcher offenbar darin seine Erklärung findet, dass in allen diesen Fällen glühender Kohlenstoff die Quelle des Lichtes ist. Auch diese Betrachtungsweise zeigt, dass dort, wo die chemischen Umsetzungen dem Verbrennungsprocess die Energie liefern, aus deren Vorrath der glühende Kohlenstoff die Strahlung nach Aussen leitet, für den gleichen Helligkeitswerth mehr Strahlung abgegeben wird, als dort, wo der elektrische Strom die Bewegung der Theilchen, welche als Licht- und Wärmestrahlung Fernwirkungen erzeugen, veranlasst. Die in dem Leiter kreisende Elektricität verlässt diesen nicht und nur in so weit, als Theilchen in Bewegung gerathen, geben sie Energie als Licht und Wärme ab. Die bei dem Verbrennungsprocess vor sich gehenden Bewegungen werden ebensowohl auf die Licht- und Wärmestrahlung gebenden Kohlenpartikelchen, als auch direct nach Aussen übertragen.

Andere Bedingungen für die Lichterzeugung liegen bei dem Auer'schen Gasglühlicht vor; in dem Bereich einer entleuchteten Gasflamme hängt das Glühnetz. Die entleuchtete Bunsenflamme hat eine etwas höhere Temperatur als die leuchtende, doch sind die Unterschiede nicht sehr erheblich. Die bei dem Auerlichte und verwandten Lichtsorten verwendeten Glühnetze haben verschiedene Zusammensetzungen, im Allgemeinen aber eine grössere Fähigkeit, Lichtstrahlen auszusenden, wie der Kohlenstoff. Diese Thatsache widerspricht älteren Angaben und Annahmen Draper's über die Leuchtkraft.

Draper hatte den Satz aufgestellt, dass alle Körper bei derselben Temperatur dieselben Strahlen aussenden; bei ein und derselben Temperatur sollen alle gemeinsam Rothgluth, bei einer anderen, allen gemeinsamen Temperatur, Gelbgluth zeigen u. s. w.

Diese Lehre hat sich im Laufe der Zeit nicht mehr aufrecht erhalten lassen. Weber zeigt für Platin die erste Lichtemmission bereits bei 390°, bei Gold bei 417, Eisen 377°. Zu ähn-

1) Philos. Magazin, XXX, 1847; s. b. Wöllner, a. a. O., Bd. 2, S. 285.

lichen Ergebnissen ist auch Gray gekommen[1]), der Platin schon bei 370° leuchtend werden sah. —

Diese Beobachtungen zeigen also, dass bei derselben Temperatur nicht nur ungleiche Lichtfarbe, sondern auch ungleiche Energieverluste eintreten.

Zu ähnlichen Anschauungen führt auch die Mittheilung von E. Wiedemann über den Leuchtvorgang in Flammen; es lässt sich eine gewisse Unabhängigkeit des Leuchtens von der Flammentemperatur nicht verkennen.

Das Auerlicht liefert also auch ein Beispiel einer ungewöhnlich günstigen Lichterregung bei relativ niedriger Temperatur.

Diese Lichtarten zeichnen sich in photometrischer Hinsicht dadurch aus, dass sie Quotienten $\frac{R}{Gr}$, welche dem Bogenlicht und Tageslicht gleichen, besitzen. Ich habe daher auch bei dem Glühlicht nach ähnlichen Beziehungen zwischen Quotienten und Strahlung gesucht. Die Ergebnisse waren wesentlich andere, als bei den Kohlenstoffflammen. Die Beobachtungen führen nur zu einheitlichen Resultaten, wenn man bei grossem Gasdruck und maximalster Erhitzung die Brenner benützt. In den Tagesstunden hatten wir nicht immer ausreichend Gasdruck, so dass mehreren der neueren Brenner nicht die maximalste Leistung gaben.

Man kann den Quotienten $\frac{R}{Gr}$ nicht als einen Anhaltspunkt für die volle Leistungsfähigkeit des Auerlichts benützen, weil oft einige Theile des Netzes schon ihr charakteristisches Licht ausstrahlen, indess andere Theile noch ungenügend erhitzt sind.

Ich habe in folgender Tabelle die Werthe für die in bester Gluth befindlichen Brenner zusammengestellt und die Constante abzuleiten gesucht. (Siehe Tabelle VI auf S. 329.)

Diese Werthe zeigen keine so vollkommene Übereinstimmung, wie sie in anderen Fällen gegeben ist, jedoch von der Lampe, die 500 Brennstunden hinter sich hatte, abgesehen, eine

---

1) Philos. Magazin, XXXVII, 1894, S. 549.

grosse Annäherung, welche einem Mittel von 39,33 M-cal. entspricht.[1])

Tabelle VI.

Bezeichnung	Quotient $\frac{Gr}{R}$	Strahlung p. 37,5 cm u. 1 Kerze in 0°	Werth für C. in Sc.-Theilen	Absol. Werth in M.-Cal.
Neues Auerlicht . .	2,26	13,06	340,7	32,77
Nach 500 Brennstunden	2,57	24,16	1054,0	110,90
Brenner I	2,20	18,13	305,1	29,31
» II	2,57	14,15	618,4	59,48
» III	2,27	12,76	341,2	32,79
» IV	2,21	18,50	440,7	42,35

Dieser Werth ist, verglichen mit den Constanten der elektrischen Glühlampen, der Kerzen- und Bogenlampen, ein sehr hoher und beweist, dass wir es hier mit einem eigenartigen, Licht ausstrahlenden Körper zu thun haben. Aus diesem Strahlungswerth kann man den anscheinend parodoxen Schluss ziehen, dass das Auerlicht und die verwandten Systeme eine ungewöhnlich hohe Wärmestrahlung besitzen, und dass der glühende Kohlenstoff in gleichem Glühzustand verhältnismässig weniger dunkle Strahlen aussendet, als das Auer'sche Netz.

Trotz alledem ist aber ein Auerbrenner durch sein geringes Strahlungsvermögen im Verhältnis zu den übrigen Beleuchtungssystemen ausgezeichnet. Diesen Vorzug verdankt er ausschliesslich dem ungemein hohen Quotienten $\frac{Gr}{R}$. Um weitere gesetzmässige Eigenthümlichkeiten der Strahlung aufzufinden, dazu bedürfte es noch einer Prüfung einer weit grösseren Anzahl dieser Lichtquellen. Das Material, welches in den Brenner bei Auer und bei den verwandten Systemen vorliegt, ist offenbar in der Zusammensetzung different. Daher braucht keine strenge Abhängigkeit der relativen Strahlung und der Quotienten zu bestehen.

1) Die Strahlung ohne Glascylinder beträgt rund 53% mehr, also für Strahlung = rund 60 M-cal.

Ueber die Farbe der Lichter sagt Auer selbst: »In Bezug auf die Art des Lichtes ... ist hervorzuheben, dass es gleich leicht vom blendenden Weiss des Tageslichtes bis zu dem goldgelben Glanz des elektrischen Glühlichtes herzustellen und braucht zu diesem Behufe die Zusammensetzung der Glühkörper durch überaus kleine Beimischungen anderer Körper nur ein wenig modificirt werden.«

Diese Modificationen, das ist meine Anschauung, würden einen Rückschritt in der Ausnutzung der Leuchtkraft bedeuten; eine gute Ausnutzung ist nur möglich, wenn Licht, das reich an kurzwelligen Strahlen ist, gewonnen wird.

Leider ist nichts Genaues über die Temperatur, bei welcher das Auerlicht entsteht, bekannt; man weiss nur im Allgemeinen, dass eine Bunsenflamme heisser sein wird, als eine Flamme, welche viel ausstrahlt. Die Verhältnisse der Wärmeerzeugung im Auerbrenner kann man aber kaum in unmittelbare Parallele zu einem offen mit der Luft in Berührung stehenden Bunsenbrenner üblicher Construction stellen. Das Netz nimmt an der Regulirung des Wärmeverlustes bedeutungsvollen Antheil.

Nachdem ich bei dem Auer- und bei verwandten Gasglühlichtarten die specifische Eigenthümlichkeit eines von den Kohlenstoffflammen erheblich abweichenden Quotienten beobachtet hatte, interessirte mich der Versuch mit Magnesiumlicht. Seine Helligkeit, leider aber auch seine Unbeständigkeit, sind bekannt; durch sehr häufig wiederholte Messungen ist es aber doch gelungen, schliesslich gleichartige Resultate, welche der Rechnung geeignete Grundlagen geben, zu gewinnen.

Das Magnesiumlicht gab bei einem Quotienten von 2,83 eine Lichtintensität von 221,5 Spermacetkerzen und 1180° Strahlung pro 37,5 cm Abstand = 5,32° pro 1 Kerze (0,00051 cal. p. 1 Min.). Daraus lässt sich für die Constante in Graden des Galvanometers ableiten = 340,9 oder in absolutem Werthe für den qcm, die Minute und 37,5 cm Entfernung und pro 1 Kerze = 32,91 M.-cal., ein mit dem Auer'schen Glühlicht auffallend nahe verwandter Werth. Man darf aber nicht vergessen, dass die Constante des Glühlichtes nicht für die freie Strahlung, sondern

bei Anwendung eines Glascylinders gemessen ist. Das Auerlicht kann man bei freier Strahlung auf eine Strahlungs-Constante von 60 M.-cal. berechnen, erheblich höher als das Magnesiumlicht, was mit der Wärmeabgabe des entleuchteten Gases zusammenhängen dürfte.

Die Temperatur einer Magnesiumflamme beträgt mehr als die Temperatur einer leuchtenden Gasflamme oder einer Bunsenflamme, aber weniger als die einer Gebläselampe (1400°). Sie wird von Frederik J. Rogers auf 1332—1342° geschätzt. Diess beweist auch, dass man aus dem Quotienten für grünes und rothes Licht nicht auf die vorhandene Temperatur schliessen kann, wie man nach den Anschauungen Draper's vielfach angenommen hatte.

Die Petroleumlampen kann man nicht wohl zu einem Vergleiche heranziehen, weil bei ihnen, wie wir im Einzelnen näher dargelegt haben, die Wärmestrahlung sehr auffällig durch die sich erhitzenden Lampentheile gesteigert wird. In solchen Fällen macht sich dann ein Factor, der sonst für die Strahlung wenig oder gar nicht in Betracht kommt, nämlich die Gesammtwärmebildung des Leuchtmaterials, geltend.

Auch wenn wir die Petroleumlampe durch Aenderung der Dochthöhe zu verschiedenen Lichtstärken bringen und wenn mit zunehmender Helligkeit die relative Strahlung etwas abnimmt, haben wir darin nichts weiter zu sehen, als eine relative Abnahme der die dunkle Wärmestrahlung beeinflussenden Elemente der Lampenconstruction.

Die Berechnung, welche wir durchführten, hat also durchaus nicht ausschliesslich theoretische Gründe, sondern auch praktische Folgen. Es kann ja die Fassung der Strahlung in eine allgemeine Regel und ihre Beziehung zu den Quotienten des grünen und rothen Lichts nur von Vortheil sein, weil wir zur Lichtbestimmung die beiden Grössen festzustellen ohnedies gezwungen sind, somit die Strahlungsbestimmung ohne Weiteres durch Rechnung zu ersparen im Stande wären.

Wir haben bewiesen, dass die Verschiedenheiten der relativen Wärmestrahlung in allen wesentlichen Beziehungen von

drei Momenten, der Strahlung fester Theile, von dem Verhältnis des Verbrennungsprocesses zum Leuchtprocess und von der Farbenmischung des Lichtes und Eigenartigkeit der leuchtenden Theilchen abhängig und aus ihnen zu erklären sind.

Die Wege der Wärmeabgabe unserer Lichtquellen und über den Wärmeverlust in absolutem Maasse.

Es ist von grossem hygienischen Interesse bei den einzelnen Beleuchtungseinrichtungen, kennen zu lernen, auf welche Weise die frei gewordene Energie an die Umgebung abgegeben, auf welchen Wegen also die Wärme verloren wird.

Diese Wege sind bei den Leuchtflammen zumeist drei: Wärmestrahlung (dunkle und leuchtende), Wärmetransport, Wasserverdampfung. Wärmeleitung im eigentlichen Sinne des Wortes kommt kaum in Betracht. Die heissen Gase der Verbrennungsluft erzeugen einen rasch aufsteigenden Wärmestrom. Licht ohne Wärme findet sich nicht.

Die auf den genannten Wegen abgegebene Wärme wirkt nicht einheitlich auf den Menschen ein. Die Besonderheiten der strahlenden Wärme haben wir in dieser und in voraus gehenden Publicationen näher kennen gelernt. Die Erhitzung der Verbrennungsgase oder der heissen Theile wirkt auf eine Aenderung der Lufttemperatur hin, deren Einflüsse bekannt sind. Die Erzeugung von Wasserdampf muss man für sich als ein Vorkommnis von grosser hygienischer Bedeutung ansehen.

Unter normalen Verhältnissen bleibt der Wasserdampf in der Atmosphäre als solcher erhalten, er stellt also daher zwar ein Mittel dar, welches Wärme aus den Leuchtflammen entführt, aber es ist keine fühlbare, thermometrisch messbare Wärme, sondern latente Wärme, welche er mit sich führt und welche solange für unsere Wahrnehmung verschwunden ist, als der besondere Aggregationszustand des Wasserdampfes anhält.

Unter natürlichen und normalen Verhältnissen wird der durch Leuchtmaterialen der Luft zugeführte Wasserdampf durch die Ventilation beseitigt, ehe er Gelegenheit hat zur Condensation. Wenn man also von der Erhitzungsmöglichkeit durch

Leuchtflammen spricht, so darf man nicht, wie das schablonenhaft auch heute noch immer geschieht, die Verbrennungswärmen, wie sie für das Leuchtmaterial im Calorimeter gefunden werden, zu Grunde legen, sondern man hat die latente Wärme des Wasserdampfes abzuziehen. Ich habe vorgeschlagen, diess die natürliche Verbrennungswärme[1]) zu nennen. Im Folgenden werde ich mich an die Bestimmungen über die Verbrennungswärme halten, welche in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind.[2])

Die Wasserdampferzeugung der Leuchtmaterialien hat ihre besondere und hohe hygienische Bedeutung in der Rolle, welche sie für die Regulation der Wasserdampfabgabe unseres Körpers spielt und in ihrer Rückwirkung auf die Wärmeregulation.

Strahlung, Wärmetransport, Wasserdampfabgabe kommen bei den verschiedenen Leuchtmaterialien in sehr verschiedenem Grade in Betracht, die Wasserdampfabgabe fehlt bei den elektrischen Glühlampen und Bogenlampen völlig.

Wir gehen für die uns im Folgenden beschäftigenden Berechnungen wieder von der Lichteinheit aus und beziehen auf sie alle übrigen in Frage kommenden Factoren. Wichtig ist in erster Linie, zu erfahren, wie viel Brennmaterial oder Kraft für 1 Kerze Helligkeit bei den einzelnen verschiedenen Leuchteinrichtungen verbraucht wird.

Für diese Berechnungen müsste man, wenn die Vergleiche nicht mit gewissen Ungenauigkeiten behaftet sein sollen, die räumlichen Lichtintensitäten feststellen. Die bisherigen in den Lehrbüchern vorgetragenen Berechnungen haben auf diesen Umstand keinerlei Rücksicht genommen. Man muss aber doch erwägen, dass die Fehler, welche man macht, wenn man auf die in einer horizontalen gemessenen Lichtstärke den Materialverbrauch bezieht und verrechnet, das Resultat nicht immer gleichmässig heeinflussen. Bei einer Kerzenflamme würde man bei Photometrirung vertikal von oben offenbar weniger Licht finden, als bei unserer üblichen Lichtmessung.

1) Hiebei muss auch die etwaige unvollkommene Verbrennung noch berücksichtigt werden.

2) Archiv für Hygiene, Bd. X.

Bei dem Gaslicht, wo man von der Breitseite zu messen pflegt, findet man die Lichtmenge grösser, als die räumliche Intensität wirklich sein kann.[1]) Argand-, Auerlicht und die Lampen werden gleichfalls in üblicher Berechnungsweise etwas im Verhältnis zur wahren mittleren Intensität zu hohe Werthe liefern. Die Glühlampe liefert senkrecht zur Bügelebene weniger Licht, als in den anderen Quadranten, am wenigsten an der Kuppe.[2]) Ich habe im Folgenden für den Schnittbrenner und das elektrische Glühlicht die mittlere räumliche Lichtmenge und Strahlung zu Grunde gelegt; für die Kerzen und die kleinen Gasflämmchen sind die Abweichungen des räumlichen Mittels, wie ich durch überschlägige Berechnung sehe, von den Horizontalwerthen nicht erheblich.

Neben der Gesammtverbrennungswärme habe ich noch die natürliche Verbrennungswärme bezw. Wärmebildung berücksichtigt.

Die Zahlen sind in nachstehender Tabelle eingetragen worden:

Tabelle VII.

Material	Ungefähre Lichtstärke	Ausschlag in 0° des Galv. A. oder B. pro 1 Kerze	Consum pr. 1 Kerze in Cal. pro Stunde	Wärme in Cal. für 1 Kerze		Strahlung in Cal. pro Stunde	Die strahlende Wärme macht % der Wärme	
				total I	nach Abzug des Wasserverdampf. II		I	II
Paraffinkerze .	1	50,5 (A)	7,43 g	78,91	70,44	10,76	13,64	15,27
Gaslicht . . .	1	52,4	22 l[3])	121,20	109,9	11,16	9,21	10,16
Schnittbrenner .	18,2	38,6	16,5 » [3])	87,25	79,1	8,22	9,43	11,24
Argand . . .	23,5	33,0	9,54 »	55,20	50,1	7,03	12,73	14,02
Petroleumlampe	36,8	103 (B)	3,80 g	42,0	39,4	10,8	25,01	26,6
Auerlicht . . .	57	13,5 (B)	1,56 l[4])	8,8	7,9	1,37	15,68	17,36
Elektr. Glühlicht	70	24,5 (B)	—	—	8,56	2,53	—	71,0

Die Menge der für eine Kerze Helligkeit ausgestrahlten Wärme ist eine sehr ungleiche; bei einer Paraffin-

1) S. o. S. 252.

2) Da diese Verhältnisse von anderer Seite für die Edisonlampe sehr genau geprüft sind, hat die Mittheilung meiner Zahlen kein weiteres Interesse.

3) Marburger Gas.

4) Berliner Gas.

kerze — die übrigen Kerzen verhalten sich gleich — gehen 10,8 Cal. nach Aussen, bei einer Petroleumlampe nicht weniger als 10,6; etwas mehr als bei beiden strahlt eine kleine Gasflamme aus, nämlich 11,16 Cal. In der Beheizungstechnik kann von dieser Thatsache Gebrauch gemacht werden.

Weniger als die kleinen Lichtquellen und das Petroleum wird bei den Schnitt- und Argandbrennern Energie durch Strahlung weitergeführt 8,22—7,03 Cal.

Die beiden folgenden Beleuchtungsarten, Auerlicht und elektrisches Glühlicht unterscheiden sich ungemein von allen übrigen Beleuchtungsweisen durch die minimale Strahlung. Besonders bemerkenswerth ist die Stellung des Auerlichtes, es übertrifft auch noch das elektrische Glühlicht an geringer Strahlung und wird seinerseits nur noch vom Bogenlicht überholt.

Die Menge der pro Kerze ausgestrahlten Wärme ist in manchen Fällen von den zur Lichterzeugung verwendeten Apparaten mit abhängig. Die Petroleumlampen sind rationelle Beleuchtungseinrichtungen insofern, als sie das Leuchtmaterial in hohem Grade zur Lichterzeugung verwerthen; aber in ihrer Wärmestrahlung, das zeigen auch wieder die hier vorliegenden absoluten Zahlen, nehmen sie eine ungünstige Stellung ein.

Die vorgelegte Tabelle könnte den allgemeinen Satz als berechtigt erscheinen lassen, dass Lichtquellen, welche Flammen ihre Leuchtkraft verdanken, alle reich an Wärmestrahlung sind. Zum Theil ist hieran sicherlich die dunkle Wärmestrahlung betheiligt, die wir eben bei jedem Verbrennungsprocess mit in den Kauf nehmen müssen. Eine scheinbare Ausnahme macht nur das Auerlicht, scheinbar, weil die ungünstige Wärmestrahlung der heizenden Bunsenflamme übercompensirt wird durch das strahlende Licht dieser Beleuchtungsquelle.

Die Menge der nach Aussen abgegebenen Wärmestrahlung steht in keinem constanten oder gesetzmässig wechselnden Verhältnis zum Gesammtwärme-

aufwand pro Kerze. Frei brennende Flammen wie Kerzen, Gaslicht, geben 11,2 bis 15,3% ihrer Gesammtwärme an Strahlung ab; durch ungünstige Constructionsverhältnisse reiht sich bei geringer Gesammtwärmebildung die Petroleumlampe dem offenen Lichte an und übertrifft es sogar erheblich.

Beim Auerlicht ist die Strahlung erheblicher wie bei den kleinen Lichtquellen, und sie wäre noch bemerkenswerther, wenn nicht der Glascylinder, wie ich gezeigt, in erheblichem Maasse die Strahlung vermindern würde. Am stärksten ist im Verhältnis zur Gesammtwärmeentwicklung bei der elektrischen Lampe die Strahlung. Im Allgemeinen müsste sich das Gesetz einer allmählichen Steigerung der Wärmeverluste durch Strahlung mit steigender, besserer Ausnützung der aufgewandten Energie ergeben; doch zeigen sich, wie berührt, viele wohl erklärliche Ausnahmen.

Auf Grund der nachfolgend niedergelegten Zahlen lässt sich der Wärmeverlust der wichtigsten Leuchtmaterialien, pro 1 Kerze und 1 Stunde berechnet, näher specificiren.

Tabelle VIII.

	Heisse Gase in Cal.	Wasserverdampfung in Cal.	Strahlung in Cal.
Paraffin	59,68	8,47	10,76
Gas	88,74	11,30	11,16
Schnittbrenner	70,90	8,10	8,22
Argand	42,97	5,10	7,03
Petroleum	28,90	2,60	10,50
Auerlicht	6,53	0,90	1,37
Elektr. Glühlicht	1,03	—	2,53

Das Kerzenmaterial gibt demnach eine erhebliche Menge strahlender Wärme aus. Zu gleicher Zeit aber mehrt es die Luftwärme in einem Local in hohem Grade. Der letzte Umstand wird dazu beitragen, die strahlende Wärme unangenehmer zu empfinden.. In gleichem Sinne belästigend wirkt die Ansammlung von Wasserdampf.

Nicht minder unangenehm wie die Kerzen sind kleine Gasflammen. Sie strahlen ebensoviel Wärme aus; die Erhitzung des Raumes und die Menge des sich ansammelnden Wasserdampfes ist noch grösser als bei den Kerzen. Die Schnittbrenner haben wie die Kerzen und die kleinen Gasflammen ihr eigenthümliches Verhalten. An Strahlung sind sie günstiger wie ihre Vorgänger in der Tabelle, an Wasserdampfbildung ähnlich den Kerzen, an Heizwirkung übertreffen sie aber das Kerzenmaterial noch erheblich.

Kerzen, kleine Gasflammen, Schnittbrenner, sind also ein Beleuchtungsmaterial, welches die Heizung zu unterstützen in der Lage ist, aber nur dort, wo das Heizbedürfnis durch eine relativ sehr günstige Ventilation unterstützt wird, d. h. der Wärmeverlust durch Luftaustausch ein grosser ist.

Wesentlich günstiger als die vorgenannten ist der Argandbrenner; er belästigt weniger durch Strahlung, und auch seine Heizwirkung bleibt kleiner als bei den Kerzen und anderen Gasbeleuchtungseinrichtungen. Die Wasserdampfmenge ist erheblich kleiner, wodurch die nachtheiligen Wirkungen sehr gemindert werden. Für unsere Wohnräume erweist sich erfahrungsgemäss bei grösserem Lichtbedürfnis der Argandbrenner noch viel zu heiss und befeuchtet die Luft zu stark.

Das Petroleumlicht erwärmt bei der Construction unserer heutigen Brenner stark durch Strahlung; dagegen hat es nach zwei anderen Richtungen hin die erheblichsten Vortheile. Die wärmende Wirkung der Verbrennungsgase ist viel kleiner als jene bei dem Argandlicht und die Störung durch Ueberhandnahme der Luftfeuchtigkeit ist gering und macht sich jedenfalls erst viel später geltend als bei den bisher genannten Beleuchtungseinrichtungen.

Ungemein günstig hinsichtlich seiner Strahlungsverhältnisse ist das Auerlicht; es bedeutet in hygienischer Hinsicht einen gewaltigen Fortschritt. Die Wärmewirkung der Verbrennungsgase beträgt weniger als 1/6 als bei dem Argandlichte; die belästigende Wirkung durch Wasserdampf kann nur in exceptionellen Fällen sich geltend machen.

Etwas ungünstiger als beim Auerlicht ist die elektrische Glühlampe hinsichtlich ihrer Strahlung, aber ihre wärmende Wirkung für den Raum ist ganz verschwindend. Darin ist sie dem Auerlicht überlegen. Das Bogenlicht, das wir hier in der Rechnung nicht haben aufführen können, ist die idealste Lichtquelle, da sie die höchste Ausnützung der Leuchtkraft ohne Nebenwirkungen gestattet.

Noch besser würde Magnesiumlicht sein können, wenn es eine Methode gäbe, die hygienisch wenig befriedigenden Eigenschaften dieses Materials zu beseitigen, wozu bis jetzt kaum Aussicht vorhanden ist.

Im Bunsenbrenner wurde des öfteren Leuchtgas verbrannt und die Strahlung gemessen; ich fand pro 1 l Gas und 740 m Druck pro 37,5 cm Abstand 4,53° Ausschlag des Galvanometers *B*, also für 0,939 l Gas von 0° und 760 m Druck 461,4 gcal. pro 1 Stunde Strahlung.

0,939 l geben 5,402 Cal. Gesammtwärmeproduction und 4,900 Cal. natürliche Verbrennungswärme, also macht die Wärmestrahlung beim nichtleuchtenden Bunsenbrenner 8,54 % der Gesammtwärme und 9,42 % der natürlichen Verbrennungswärme aus.

Die dunkle Wärmestrahlung eines nichtleuchtenden Bunsenbrenners ist demnach sehr beträchtlich, wenn schon immer kleiner, als die Strahlung des leuchtend gemachten Gases.

Bedeutung der Farbe des Lichtes in hygienischer Hinsicht.

Verfolgen wir unsere Untersuchungsergebnisse consequent, so werden wir zu einem anscheinend weit vom Ziele abliegenden Thema der Bedeutung der Farbe einer Lichtquelle geführt. Wichtig, das haben die vorhergehenden Untersuchungen gezeigt, ist die Farbe einer Lichtquelle für das relative Strahlungsvermögen, sie hat aber für uns noch eine weittragendere Bedeutung.

Was wir bisher als Strahlung bezeichnet haben, ist ein Gemenge von kurzwelligen und langwelligen Strahlen; wir haben zwar betont, dass eine Trennung in leuchtende und dunkle Strahlung von Wichtigkeit sein kann, dass aber für den speciellen

Fall, mit welchem wir uns beschäftigen, bei dem Studium der Rückwirkung der Strahlung irdischer Lichtquellen auf den Menschen, von einer Trennung abgesehen werden könne.

Immerhin zeigt die Zusammensetzung der Strahlung doch einige Beziehungen zu den Fragen des täglichen Lebens, so dass ich glaube, Einiges hierüber anfügen zu müssen.

Wir haben namentlich bei Besprechung der Versuche mit den elektrischen Glühlampen dargethan, dass die Wärmestrahlung für die Kerzenhelligkeit immer kleiner wird, je mehr sich die Eigenschaften des Lichtes ändern. Je mehr kurzwellige Strahlen auftreten, desto weniger führt das Licht Wärme mit sich.

Die Strahlung aus einer röthlichen Lichtquelle enthält also weit mehr Wärme, als die von einer bläulichen Lichtquelle.

Wir haben diese Thatsache in eine gesetzmässige Beziehung kleiden können, welche für alle Glühlampen, als auch für anderes Beleuchtungsmaterial Geltung besitzt, freilich sind die jeder Beleuchtungsweise zukommenden Constanten eigenartig und für sie specifisch. Auerlicht, elektrisches Glühlicht, Bogenlicht u. s. w. haben differente Werthe der Constante.

Wenn also einem Licht, welches viel rothe Strahlen führt, im Allgemeinen eine hohe Wärmestrahlung, und einem Licht mit überwiegendem Grün und Blau im Allgemeinen eine kleine Wärmestrahlung entspricht, so verräth unserem Auge die Farbe des Lichtes eine wichtige andere Eigenschaft der Lichtquellen. Farbe des Lichtes und wärmende Wirkung stehen in enger Beziehung zu einander. Die vielfach aufgeworfene Frage nach der Bedeutung der Farbe unserer Lichtquellen gewinnt eine verständliche Lösung. Die Farbe ist ein Symbol der wärmenden Wirkung.

Den Vorgang des Leuchtens einer Flamme hat Wiedemann etwas näher geschildert und Ebert hat weitere Beiträge zu diesen Anschauungen geliefert. In den Gasen, also auch Leuchtflammen, sind drei Formen von Energie gegeben. Die

Energie der translatorischen, fortschreitenden Bewegung der Moleküle, bestimmt durch die absolute Temperatur des Gases, die Energie der rotatorischen Bewegung der Moleküle um die Schwerpunkte und die Energie der oscillatorischen Bewegung entweder der einzelnen Atome in den Molekülen oder der einzelnen Theile eines durch Stoss deformirten Atomes. Nur letztere soll zu Lichtschwingungen Veranlassung geben; die drei Energieformen stehen zu einander in Abhängigkeit. Steigt z. B. die Temperatur des Gases, so nimmt die translatorische Bewegung zu und durch deren Stösse die rotatorische und oscillatorische Bewegung bis zu erneutem Gleichgewicht. Die oscillatorische Bewegung kann aber auch durch andere Umstände als die translatorische Bewegung eingeleitet werden, diesen Zustand nennt Wiedemann Luminiscenz. Dies tritt namentlich dann ein, wenn z. B. durch die Anzündungstemperatur in einem Gase eine chemische Zersetzung eingeleitet wird. Wollte man ohne solche Umlagerung denselben Grad von oscillatorischer Energie herbeiführen, so bedürfte man sehr erheblicher Temperatursteigerungen.

Für die hygienische Bedeutung der Farbe des Lichtes hat man die allermannigfaltigsten und wunderlichsten Erklärungen zu geben versucht; gewiss kennen wir heutzutage noch nicht alle Funktionen der Wellenlänge des Lichtes in hygienischer Hinsicht. Jedenfalls sind aber die Beziehungen der Farben zur Sehschärfe und diese Eigenschaften, die wir als Ergebnisse unserer Versuche kennen gelernt haben, von hervorragender Wichtigkeit. Die jahrtausend alte empirische Erfahrung hat uns mit der Wahrnehmung der Farbe ein thermisches Gefühl anerzogen. Da röthliche Farbentöne zu gleicher Zeit immer eine gewisse fühlbare Wärme mit sich führen, so nennen wir sie ganz richtig warme Töne, und Lichtqualitäten von bläulicher Farbe heisst man kalte Töne.

Diese Beziehungen zwischen Strahlung und Licht lassen aber noch eine wichtige Thatsache ableiten. Aus den Messungen ergibt sich, dass alle Beleuchtungsvorrichtungen, welche aus Kohlenstoffflammen bestehen, d. h. welche aus selbstleuchtendem

Gasgemische sich erzeugen, ceteris paribus mehr strahlende Wärme geben als andere Lichtquellen gleicher Farbe. Die Behaglichkeit, welche wir bei einem mit leuchtender Flamme brennenden Heizmaterial empfinden, findet vielleicht in einer unbewussten Erfahrung eine Erklärung.

Diese Anschauung kann zur Erläuterung der Vorgänge in der Leuchtflamme dienen; wir werden a. O. noch auf weitere Eigenthümlichkeiten der leuchtenden Kohlenstoffflammen eingehen. Die Wirkung verschiedenfarbiger Lichtsorten gilt in Hinsicht auf die Wärmestrahlung sicherlich nicht nur für die Lichtquellen allein, für welche in Obigem der Beweis erbracht ist, sondern es eröffnen sich wichtige Perspectiven auf die Bedeutung und Wirkung der Pigmente, Kleiderfarben u. s. w.

Alle bisher angeführten Thatsachen lassen sich unter der Annahme, dass das Licht verschiedener Quellen neben den leuchtenden Strahlen sehr ungleiche Mengen von Wärmestrahlen führen, begreifen. Jedoch wird man nur zu dem Schlusse berechtigt sein, dass die Summe von Energie, welche auf gleiche Mengen für das Auge gleichwerthiger Strahlung berechnet eine Lichtquelle verlässt, gross sei für den Fall reichlicher, langwelliger Strahlung und klein bei überwiegend kurzwelligem Licht, und dass Verbrennungsprocesse ungemein grosse Strahlung erzeugen.

Diese Schlussfolgerung kann den Anschein erwecken, als würden wir auf Grund der Zahlen über die relative Wärmestrahlung Angaben über die Relation zwischen leuchtender und dunkler Strahlung machen; aber dies wäre eine Täuschung. Die relative Wärmestrahlung bezieht jegliche Strahlungsgrösse auf die Lichteinheit. Aber es ist bis jetzt nicht bewiesen, ob die Lichteinheit einer bestimmten Krafteinheit entspricht, ob nicht vielmehr der gleichen Erregung, die wir als eine Kerzenhelligkeit bezeichnen, sehr verschiedene Energiemengen entsprechen können.

Ehe ein Entscheid in dieser Angelegenheit nicht vorliegt, kann man die relativen Strahlungswerthe für weitere Schlüsse nicht benützen.

Dies fordert zu weiterem Verfolg dieser Untersuchungen auf. Man wird sich auch nicht mit der Thatsache der ungleichen Wärmestrahlung ungleichfarbiger Lichtquellen genügen lassen, sondern nach den näheren Gründen hiefür zu forschen gezwungen sein.

Wir werden also die Frage nicht umgehen können, ob es ein einheitliches Wärmeäquivalent des Lichtes gibt oder nicht.

Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

IV. Theil: Die leuchtende Strahlung und das Wärmeäquivalent des Lichtes.

Von

Prof. Dr. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die vorstehenden Untersuchungen haben uns vor die Aufgabe gestellt, für die im täglichen Leben Verwendung findenden Beleuchtungsapparate zu prüfen, ob das, was wir als Lichteinheit empfinden, und was die gleiche Sehschärfe zu erzeugen vermag, eine Einheit des Energie-Inhaltes darstelle. Wenn es sich auch zeigen sollte, dass unsere physiologische Einheit der Lichtmessung keine solche im physikalischen Sinne ist, so werden wir dadurch gleichwohl auch in Zukunft die gleichartige Netzhauterregung als Maass der Lichtstärkemessung nie entbehren können.

Die Feststellung des Energie-Inhaltes der leuchtenden Strahlung des Lichtes kann zur Lösung einer Reihe wichtiger Fragen als Basis dienen. Eine solche ist z. B. die Feststellung der Ausnutzbarkeit des für Beleuchtungszwecke verwendeten Materials und der Kräfte für die Lichtgewinnung. In dieser Hinsicht hat man sich bis jetzt sehr häufig solcher Betrachtungsweisen und Anhaltspunkte bedient, welche keine wirklich genaue und nach allen Richtungen hin befriedigende Auskunft gewähren können. Wenn man den Grad des Nutzeffectes, der in einer Beleuchtungsanlage gewonnen wird, nach dem Verhältnis der leuchtenden

und dunklen Strahlung beurtheilen will, wie das mehrfach geschah, so führt das nicht zu richtigen Anschauungen. Auf das Verhältnis beider haben mancherlei Nebenumstände, die unschwer zu beseitigen sind, einen bedeutenden Einfluss, und die als Strahlung austretende Energie stellt, wie wir noch zu erweisen haben, einen sehr ungleichen Bruchtheil des Gesammtenergie-Aufwandes[1]) dar. Die Betrachtung unserer Ergebnisse über die relative Wärmestrahlung[2]) gibt zwar gewiss nach vielen Richtungen hin gute Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Nutzeffekte, aber auch wieder keine unter allen Umständen eindeutige Zahlen, weil wir ja nicht wissen, ob die physiologische Einheit, die Lichtstärke, auf welche wir unsere Messungen bezogen haben, eine physikalische Einheit darstellt.

Nur die Bestimmung und Messung des Wärmeäquivalents der leuchtenden Strahlung wird den Nutzeffect, der bei den Beleuchtungseinrichtungen erreicht wird, darthun können und zeigen, wie viel von der Gesammtenergie für leuchtende Strahlung gewonnen wird. Hiebei wird als folgerichtig immer noch zu erwägen sein, wie die letzte sich zum Seh-Akte verhält.

Mit Hülfe der Kenntnis des Wärmeäquivalents der leuchtenden Strahlung wird es auch zum ersten Male dann möglich sein, die Menge der dunklen Strahlung für sich kennen zu lernen, deren Eigenthümlichkeiten in hygienischer Hinsicht noch wenig Beachtung gefunden haben und deren physiologische und biologische Bedeutung bisher nicht näher geprüft worden ist.

Die Bestimmung des Wärmeequivalents der leuchtenden Strahlung kann nach zwei Methoden durchgeführt werden.

Die eine Methode könnte von der Thatsache ausgehen, dass aus meinen Beobachtungen die Menge der von den Beleuchtungsmaterialien nach Aussen gelangenden Summen der leuchtenden und dunklen Strahlung in absolutem Maasse nach Calorien bekannt sind. Würde man erfahren können, in welchem Procentverhältnisse leuchtende und dunkle Strahlung in einer Licht-

---

1) Gesammtverbrennungswärme des Materials.

2) Die auf 1 Kerze Helligkeit bezogene Grösse der Strahlung.

quelle gemengt sind, so wäre leicht durch Rechnung die absolute Zahl zu finden.

Ueber dieses Verhältnis leuchtender und dunkler Strahlung haben Melloni und Tyndall Angaben gemacht. Ihre Zahlen sind aber nicht unmittelbar auf unsere Versuchsergebnisse zu übertragen, weil Melloni und Tyndall bei ihren ganz andere Ziele verfolgenden Experimenten nicht die Beleuchtungseinrichtungen im Ganzen, sondern nur die leuchtendsten Theile, z. B. die leuchtenden Parthien einer Oellampe, einer Gasflamme, des Bogenlichts, prüften. Wie wir gesehen haben, üben die Brenner, Glascylinder etc. einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Art der Ausstrahlung. Aber abgesehen davon, wäre von einer Uebertragung der Melloni'schen und Tyndall'schen Zahlen schon desswegen keine Rede, weil ja solche Verhältnis-Zahlen zwischen leuchtender und dunkler Strahlung ungemein schwankend sind, je nach der spectralen Zusammensetzung des Lichtes einer Quelle. Angaben hierüber finden sich weder bei Melloni noch bei Tyndall.

Somit würde nur erübrigen, neue Versuche in der gedachten Richtung anzustellen; über solche werden wir später eingehend berichten. Gewisse Schwierigkeiten der Tyndall'schen Methodik haben uns veranlasst, zuerst nach einem anderen, den practischen Aufgaben der Untersuchung besser angepassten Verfahren zu suchen.

Ehe ich an diese eigenen Messungen gehe, muss ich der durch ihre Eigenart sehr bemerkenswerthen Versuche Peukert's, welche in alle Lehrbücher übergegangen sind, gedenken. Peukert wollte bestimmen, wie viel von der eine Bogen- oder Glühlampe durchströmenden Elektricität in Licht übergeführt werden könne. Diess fällt mit der Aufgabe, den Wärmewerth der Lichtstrahlung zu bestimmen, völlig zusammen.

Die Experimente hat Peukert[1]) hauptsächlich bei elektrischen Glühlampen gemacht; er liess sie unter Messung des Stromes in einem Glascylinder, der mit Wasser gefüllt war,

1) Centralblatt für Elektrotechnik, 1885, Nr. 18, S. 364.

glühen, bestimmte die Erwärmung eines mit Wasser gefüllten Glascalorimeters und maass die Lichtstärke frei und jene Lichtmenge, welche aus dem Calorimeter kam. Von der aus dem Elektricitätsverbrauch berechneten Wärmemenge zog er dann jene mit dem Calorimeter gewonnene ab, das Defizit gab die dem Licht äquivalente Wärmemenge. Die Methode ist einfach und zugleich sinnreich, und die Angaben Peukert's haben auch überall Anklang gefunden. Ich kann aber nicht finden, dass bei diesen Experimenten wirklich ausreichend genau dieses Wärmeäquivalent bestimmt worden sei. Alle Fehler, welche sich bei der Wärmemessung im Calorimeter in dem Sinne geltend machten, dass zu wenig Wärme gefunden wurde, musste eine Erhöhung des Wärmeäquivalents des Lichts vortäuschen. Dass dieses Wärmeäquivalent zu gross gefunden wurde, dafür wären manche Gründe anzuführen; es wird z. B. nicht erwähnt, dass der Wasserwerth der Lampen und des Mischers mit berechnet worden ist, auch für die während des Versuchs eingetretene Abkühlung des Calorimeters war keine Correction ausgeführt worden; die Temperaturerhöhung des Calorimeters betrug nur 0,7 bis 1,7° und ist mittelst des in 0,1° getheilten Thermometers gemessen. Peukert gibt für Lampen von etwa 9 bis 52 Kerzen Lichtstärke 0,16—0,19 m-kgr. als mechanisches Aequivalent des Lichtes an; er bemerkt übrigens ausdrücklich, dass er diese Angaben keineswegs für einen ganz genauen Ausdruck des Aequivalentes ansehe. Die in Licht umgewandelte Energie würde bei einer Edisonlampe 28,1 % betragen; bei 3,56 Cal. Wärmeentwicklung nach unseren Versuchen würde das Wärmeäquivalent dieser Lampe = 0,996 = 1 Cal. ausmachen. Schon in den Peukert'schen Zahlen findet sich eine Angabe, aus welcher mit Wahrscheinlichkeit auf die Ungleichheit des Wärmeäquivalents zu schliessen ist. Die den leuchtenden Strahlen einer Lichteinheit äquivalente Energie wird für die Edisonlampe zu 1,39 Voltampère, bei einer Hefner-Alteneck'schen Bogenlampe zu 0,258 Voltampère [1]) angegeben. Betreffs der eben

1) S. bei Krüss, a. a. O., S. 216.

erwähnten Ausnutzung des elektrischen Stromes für Lichtzwecke möchten wir darauf hinweisen, dass dieses Untersuchungsergebnis durch andere Erfahrungen nicht sehr gestützt wird. Man bedenke, dass Langley für die in die Atmosphäre eintretende Sonnenstrahlung nicht mehr als 25 % leuchtende und 75 % dunkle Strahlung rechnet.[1])

Ein einheitliches Maass der Lichteinheit in calorimetrischem Sinne kann es nicht geben; es sprechen eine Reihe physiologischer Thatsachen und Eigenthümlichkeiten der Functionen des Auges dagegen. Die Empfindlichkeit des Auges für verschiedene Farbeneindrücke ist ungemein ungleich, und zwar in so hohem Maasse, dass unmöglich die Energie dieser Empfindungen im physikalischen Sinne ebenso different sein können.

Ein gewisses Urtheil in dieser Angelegenheit erlaubte bereits ein Vergleich der Helligkeits- und der Wärmevertheilung im Spectrum.

Man hat früher nach den Untersuchungen von Tyndall angenommen, dass das Wärmemaximum des Spectrums stark über Roth hinaus in das dunkle Gebiet langwelliger Strahlung verschoben sei. Von Fraunhofer und Vierordt sind die Helligkeitsverhältnisse einzelner Spectralbezirke näher bestimmt worden. Die Combination beider Beobachtungen, der thermischen und der Gesichtsempfindung hätte zu einer ungefähren Angabe über den relativen calorischen Werth der Lichtempfindung benützt werden können.[2]) Die erheblichen Incongruenzen zwischen dunkler Strahlung und Lichtempfindung haben aber, seitdem man für solche Messungen sich nicht mehr der prismatischen Zerlegung, sondern der Gitterspectra bedient, durch die Versuche Draper's, namentlich aber jener von Langley, eine erhebliche Einschränkung gefunden; das Wärmemaximum fällt noch innerhalb des leuchtenden Theils des Spectrums. Immerhin aber wird die Annahme, dass gleiche Helligkeiten nicht calorisch äquivalent zu sein brauchen, auch durch die neueren Befunde gestützt.

1) W. Siemens, Erhaltung der Sonnenenergie, Berlin 1885, S. 83.

2) S. die Curven bei Fick, Hermann's Handbuch der Physiologie, III, S. 176.

Untersuchungen der letzten Jahre haben diese Frage wesentlich gefördert. Eine Verschiedenheit im Energiewerth ergibt sich für einzelne spectrale Bezirke aus Untersuchungen von Ebert; er bestimmte den Schwellenwerth der Wahrnehmbarkeit für einzelne Farben. Unter Combination dieser Werthe mit Angaben von Langley und O. S. Meyer liesse sich aus den Beobachtungen Ebert's ableiten, dass der Energiewerth der eben merklichen Bestrahlung für Roth am grössten sei, dann folgt Gelb, dann Blau; Grün und Grünblau würden die kleinsten Werthe geben.[1])

Noch eingehendere Versuche verdanken wir in der genannten Richtung J. P. Langley.[2]) Langley bestimmt für die verschiedenen Spectralbezirke die Sehschärfe, d. h. das Helligkeitsmaass, welches eine Logarithmentafel u. dgl. zu lesen erlaubte. Die Energiemenge dieser Strahlung wurde mit dem Bolometer gemessen. Setzt man die Empfindlichkeit des Auges umgekehrt proportional der Energiemenge, welche für eine zum Lesen ausreichende Helligkeit aufgewandt werden muss, so waren die Werthe für die betr. Wellenlänge in folgenden Zahlen ausgedrückt:

Wellenlänge	0,34	0,4	0,50	0,60	0,60	0,77
Empfindlichkeit	0,003	0,123	7,58	0,954	0,012	0,00001

Die Empfindlichkeit ist also sehr klein im Violett (ausserhalb H) und äussersten Roth (unter C), am grössten zwischen E und F.

Lassen sich auf Grund dieser Zahlen auch keine Urtheile über das Lichtäquivalent der üblichen Lichtquellen fällen, so steht doch durch die bedeutungsvollen Experimente fest, dass je nach den spectralen Verhältnissen und je nach der Art der ausgesandten Lichtquellen Ungleichheit im Wärmeäquivalent des Lichtes gegeben sein müssen. Die Verschiedenheiten im spectralen Verhältnis unserer üblichen Lichtquellen sind ungemein gross, was wir früher ausreichend dargelegt haben.

1) H. Ebert, Ueber den Einfluss der Schwellenwerthe der Lichtempfindung auf den Charakter der Spectra. Wiedemann's Annalen, XXXIII, S. 136, 1888.

2) J P. Langley, Energy and Vision. Philos. Magazin, 1889.

Da nach dem Gesagten bestimmtere Angaben über das Wärmeäquivalent nicht vorliegen, versuchte ich für die uns interessirenden Lichtquellen eine derartige Messung durchzuführen. Zunächst suchte ich festzustellen, ob wirklich erhebliche Unterschiede im Wärmeäquivalente vorliegen. Da man die Quotienten des Lichtes am leichtesten mittelst des elektrischen Stromes beim Glühlicht variiren kann, benutzte ich letzteres. Die Lampe strahlte bei verschiedener Stromstärke durch ein mit Alaun gefülltes Glasgefäss. Nach neueren Untersuchungen soll eine Alaunlösung dunkle Wärme nicht besser zurückhalten als Wasser[1]) (Zzigmondy, Hutchins), dagegen Eisensalze zur Absorption sehr empfehlenswerth sein. Dies berührt meine Untersuchungen nicht weiter, da ich besonders prüfte, dass meine Anordnung ausreichte, die dunklen Strahlen insgesammt zu absorbiren.

Eine 200kerzige Edisonlampe wurde 10 cm hinter einem 6 cm dicken, mit Alaun gefüllten Glasgefäss aufgestellt. Diese Glas- und Alaunschicht liess keine Wärme durch, solange der Bügel der Lampe nicht in Rothgluth kam.[2])

Etwa 30 cm von dem Glasgefäss entfernt befand sich die Thermosäule, sie blieb während des ganzen Versuchs geöffnet; die Lampe wurde durch einen zwischengeschobenen Schirm abgeblendet. Nachdem bestimmte Stellen an dem Rheostat ausgewählt waren, wurde der Strom variirt und eine Reihe von Strahlungsbestimmungen ausgeführt; dann bei denselben Widerstände, Spannungen und Stromstärken mittelst des Weber'schen Photometers die Lichtstärke bestimmt. Die Ergebnisse der Messungen führt Tabelle I (S. 350) auf.

Daraus folgt die Thatsache, dass ein einheitlicher Wärmewerth für 1 Kerze Helligkeit nicht bestehen kann, und dass der Wärmewerth der Lichteinheit mit dem Quotienten $\frac{Gr}{R}$, also mit dem spectralen Verhalten der betreffenden Lichtquelle zusammenhängt. Je mehr langwelliges Licht in der Lichteinheit vorhanden ist, desto

1) Wiedemann's Annal., 1893, Bd. XLIX, S. 531.

2) S. Näheres betreffs der Wärmedurchlässigkeit weiter unten.

höher wird der calorische Werth für 1 Kerze Helligkeit, und je höher der Quotient und je reicher das Licht an kurzwelligen Strahlen ist, desto kleiner der Wärmewerth. Auf welche Aenderung des Spectrums diese Abnahme des Wärmeäquivalents des Lichtes zu beziehen ist, bleibt hier zunächst ganz ausserhalb der Erörterung.

Tabelle I.

Nr.	Lichtmenge in Sperm.-Kerzen K. J.	Quotient $\frac{Gr}{R}$	Strahlung in ° des Galvan. B.[1])	$\frac{\text{Strahlung}}{\text{Licht}}$
I	131,9	1,25	25,0	0,189
II	94,9	1,20	20,0	0,210
III	56,5	1,05	15,2	0,268
IV	19,3	0,87	7,5	0,388
V	5,0	0,71	3,0	0,600
VI	1,2	0,60	1,0	0,820

Ich habe diese Versuchsreihe nochmals wiederholt; ich liess mir eine Drehscheibe einrichten, auf welcher die Glühlampe mit dem Alaungefäss zusammen montirt war. Die Scheibe konnte bequem rotirt werden, um die photometrische Messung auszuführen, und absolut genau in die gleiche frühere Lage zurükgebracht werden zur Strahlungsbestimmung. Die Strahlungsbestimmung führte ich in dreimaliger Wiederholung durch. Bei den kleineren Ausschlägen wurden oft 15 bis 20 Ablesungen ausgeführt. Das Resultat, welches nachstehende Tabelle aufführt, lehrt das Gleiche wie die erste Reihe.

Tabelle II.

Nr.	Lichtmenge in Sperm.-Kerzen K. J.	Quotient $\frac{Gr}{R}$	Strahlung in ° des Galvan. B.[2])	$\frac{\text{Strahlung}}{\text{Licht}}$
I	1,72	0,53	1,90	1,001
II	6,20	0,68	3,64	0,587
III	23,10	0,81	11,39	0,493
IV	69,48	0,98	22,60	0,325
V	119,10	1,02	30,10	0,252
VI	180,70	1,12	41,70	0,231

1) Die Entfernung vom Galvanometer ist nicht bestimmt, nur in allen Versuchen gleich gehalten (etwa 80 cm).

2) $E = 75$ cm.

Aus dieser letzten Tabelle kann man auch in absoluter Zahl den Strahlungswert für 1 Kerze Licht ableiten.

Nr.	Quotient $\frac{Gr}{R}$	1 Kerze Licht liefert grcal. pro 1 Stunde im Ganzen	Quotient $\frac{R}{Gr}$
I	0,53	565,0	1,80
II	0,68	301,3	1,47
III	0,81	252,9	1,23
IV	0,98	166,8	1,02
V	1,02	129,4	0,98
VI	1,12	113,5	0,89

Daraus ergeben sich also einige bemerkenswerthe Schlussfolgerungen:

Das Lichtäquivalent sinkt mit steigendem Quotient $\frac{Gr}{R}$ und änderte sich in demselben Sinne, wie der Quotient $\frac{R}{Gr}$ Licht sich ändert, aber nicht proportional. Mit dem Fallen des letzteren Quotienten fällt auch der Werth des Lichtäquivalentes sehr rasch.

Rothes Licht scheint also im wahrsten Sinne des Wortes auch warmes Licht; sein Wärmeäquivalent ist das grösste im Vergleich zu den übrigen. Grün und blaues Licht ist kaltes Licht. Die Erfahrung hat uns unbewusst Aufschluss über diese Dinge ertheilt. Von dem röthlichen Licht kann also schon eine grosse Fülle in unserer Umgebung vorhanden sein, ehe wir durch die Farbenwahrnehmung belästigt und benachtheiligt werden.

Was die nähere Veranlassung zu dieser Ungleichheit der Wärmeäquivalente sein mag, entzieht sich freilich noch unserem Urtheil.

Wenn man den durch den Kohlenbügel gehenden elektrischen Strom steigert, so ändert sich, wie bekannt und wie wir oben näher auseinandergesetzt haben, zweierlei.

1. Das Spectrum dehnt sich in das Blau und Violett hinein aus;

2. wenn man eine bestimmte Spectralregion, Roth oder Grün, eingestellt hat, so nimmt auch diese Region an Helligkeit zu.

Tyndall hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass es sich auch im sogenannten Ultraroth ebenso verhalte.

Mit dem Zuwachs kurzwelliger Strahlen werden die vorher bereits vorhandenen stärker durch Zunahme ihrer Amplitude.

Die auffallenden Ungleichheiten im Wärmeäquivalente des Lichtes bei dem elektrischen Glühlichte liessen es wünschenswerth erscheinen, auch andere Lichtsorten auf das Wärmeäquivalent zu untersuchen.

Eine Veranlassung, die geübte Methode zu verlassen, lag nicht vor; sie liess sich aber unschwer so modificiren, dass sich noch die weitere Frage über die Vertheilung der dunklen und leuchtenden Strahlung zugleich lösen liess. Für meine Experimente lag der Werth dieser Messung in einer gewissen Controlle, welche diese für die Bestimmung des calorischen Lichtäquivalentes bietet.

Das Verfahren beruhte im Wesentlichen auf Folgendem.

Die Lichtquellen wurden auf dem mit der Thermosäule in Verbindung stehenden Tisch auf einem an einer Scala verschieblichen Schlitten aufgestellt, auf dem Schlitten befand sich in einem Zapfen laufend eine Drehscheibe; mit Marken versehen erlaubt sie dem Leuchtkörper eine beliebige Drehung zu geben und genau in die frühere Stellung zurückzugehen.

Vor der Lichtquelle befindet sich das Glasgefäss mit planparallelen Wänden, mit concentrirter, filtrirter Alaunlösung gefüllt. Den Abstand wählte ich so, dass die Ausschläge eben mit Bestimmtheit messbar waren. Die Stellung des Alaungefässes auf dem Schlitten war eine genau gleichbleibende und markirte.

Die Lichtquelle wurde mit und ohne Alaungefäss auf die Strahlung untersucht, und anschliessend auf die Lichtstärke, indem der Schlitten eine Drehung um 90° nach dem Photometer zu erhielt.

Bei den Strahlungsmessungen blieb die Thermosäule nach dem Alaungefäss hin offen, und die Abblendung wurde mittelst eines zwischen Lichtquelle und Alaungefäss eingeschobenen Schirmes bewirkt. Die Zahl der Ablesungen betrug oft 30 bis 40, um einen möglichst guten Mittelwerth zu erhalten; bei kleinen

Lichtquellen, wie den Kerzen sind die Ausschläge, welche der leuchtenden Strahlung entsprechen, sehr gering. Eine allzugrosse Annäherung an die Thermosäule, welche die Ausschläge vermehrt, wäre aber nicht erwünscht.

Die Messungen des Lichtes wurden sowohl für die freie Ausstrahlung als auch für die durch das Alaungefäss behinderte Strahlung bestimmt; auch hier mit oftmaligen Wiederholungen der freien und Alaun-Strahlung. Das Alaungefäss vermindert nicht nur den Lichtverlust im Ganzen, auch die Qualität der Strahlung änderte sich in Etwas. Die Quotienten für $\frac{Gr}{R}$ wurden durchgehends kleiner, was sich nur durch eine Absorption kurzwelliger Strahlen erklären lässt.

Ich habe die Strahlungs- und Lichtwerthe wie folgt berechnet: Es wurde festgestellt, wie viel Wärmestrahlung auf 1 Kerze Helligkeit bei freier Strahlung und durch Alaun hindurch traf; die Werthe können in Scalentheilen oder absolut ausgedrückt werden. Wenn man diese auf gleiche Helligkeit bezogenen Werthe freier Strahlung und durch Alaun vergleicht, erhält man unmittelbar einen Ausdruck für die Grösse der Absorption im Alaungefäss; also für die dunkle Strahlung. Der für die Kerzenhelligkeit berechnete Werth der die Alaunlösung durchsetzenden Strahlen ist das calorische Aequivalent der Lichteinheit.

Diese Voraussetzung gilt freilich nur für den Fall, dass Alaun in ausreichendem Maasse keinerlei dunkle Strahlung durchlässt.

Ich habe hinter dem Alaungefäss eine grosse, stark erhitzte Messingkugel aufgehängt, ohne dass auch in unmittelbarster Nähe der Thermosäule von dieser Wärme etwas durchgelassen worden wäre. Auch als ein Bunsenbrenner mit starker Flamme hinter dem Alaungefäss aufgestellt wurde, liess sich nur durch dutzend Mal wiederholte Versuche nachweisen, dass eine Spur der vom Brenner ausgehenden Strahlung hindurchgeht, so gering war der Ausschlag des Galvanometers. Als Mittelwerth fand sich, dass der Bunsenbrenner etwa 0,2% Strahlen abgibt, welche

durch mein Alaungefäss hindurchgehen. Ob dies das Wärmeäquivalent der blauen, schwach leuchtenden Flamme ist, mag bei der Kleinheit dieses Werthes dahin gestellt bleiben, jedenfalls folgt soviel, dass solche Strahlen, welche einen Fehler und eine Täuschung hervorrufen können, den Durchtritt in störender Menge nicht finden. Die Strahlung eines elektrischen Glühlichts wurde erst durchgelassen, wenn das Glühlicht in Rothgluth kam. Nach diesen Ergebnissen kann also die angewandte Methode für die vorliegenden Zwecke der Untersuchung als ausreichend angesehen werden.

Die Ergebnisse meiner Versuche sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle III.

	Die Strahlung besteht aus °/°		Quotient $\frac{Gr}{R}$	Wärmeäquival. des Lichtes in cal. per Stunde
	leuchtender Str.	dunkler Str.		
Stearin	4,38	95,62	0,95	608
Amylacetat	3,19	96,81	1,00	516
Paraffin	3,27	96,72	1,02	382
Schnittbrenner	2,69	97,31	1,27	275
Elektr. Glühlicht	4,27	95,73	1,12	113
Bogenlicht	5,81	94,19	2,00	86
Auerlicht	4,85	95,15	2,20	85
Magnesium	12,00	88,10	2,90	65

Untersucht wurde Stearinlicht, Paraffin, Amylacetat. Das Letztere eignet sich am besten zu den Messungen; die anderen gehören wegen der kleinen Werthe von wenigen Scalentheilen Ausschlag zu den schwierigsten Messungen, denen wir begegnen. Von den Gasbeleuchtungseinrichtungen wurde u. a. Schnittbrenner und das Auerlicht, von der elektrischen Lichtsorte das Glüh- und Bogenlicht und des theoretischen Interesses wegen noch das Magnesiumlicht untersucht.

Die Ergebnisse waren bei ähnlichen Lichtsorten recht gut übereinstimmend, sie differiren aber je nach der Lichtart recht

erheblich. So grosse Wärmeäquivalente, wie Peukert sie für die elektrischen Glühlampen anführt, haben wir überhaupt bei keiner Beleuchtungsweise gefunden. Die beiden maximalsten Zahlen geben Stearinkerzen und das Hefnerlicht mit 516 bis 608 Gr.-Cal. pro Stunde.

Die leuchtende Strahlung macht nach den eben aufgeführten Versuchen einen ungleichen Antheil der Gesammtstrahlung aus; die Differenzen sind aber nicht so gross, als man im Allgemeinen meinen möchte. Bei dem Kerzenmaterial beträgt das Wärmeäquivalent nur etwa 3,19 bis 4,38% der gesammten Strahlung, bei dem Gasschnittbrenner noch weniger. Günstige Stellung nehmen alle folgenden Lichtquellen ein. Bei dem elektrischen Glühlicht haben wir 4,27% als Lichtstrahlung, ein Werth, der gewiss bei stärkerer Inanspruchnahme des Kohlenbügels noch hätte gesteigert werden können. Das Bogenlicht, das gleichfalls einer wesentlichen Steigerung, wie aus dem Quotienten zu ersehen ist, noch fähig sein muss, gab 5,8% Strahlung, das Auerlicht 4,8%. Am stärksten ist in der Gesammtstrahlung die leuchtende Strahlung bei dem Magnesiumlicht vertreten.

Wie unsere Versuche mit dem elektrischen Glühlicht darthun, darf man diese Angaben über den Antheil, welchen die leuchtenden Strahlen an der Gesammtstrahlung nehmen, nur insoweit als constant ansehen, als die Lichtquelle in ihren Eigenschaften ganz unverändert bleibt. Aendert sich Helligkeit und Quotient des Lichtes, dann variirt auch die Menge der leuchtenden und dunklen Strahlung.

Diese Versuche bestätigen den Satz, dass es bei unseren Beleuchtungseinrichtungen ein einheitliches Wärmeäquivalent des Lichtes nicht gibt, und dass den gleichen Lichtempfindungen sehr ungleiche Aufwände an Energie entsprechen. Der Energieaufwand in einem Magnesiumlicht betrug fast nur 1/10 von dem, der nothwendig war, die gleiche Lichtempfindung mittelst eines Kerzenlichts auszulösen. Ein Schnittbrenner verbraucht bei gleicher Wirkung auf das Auge für die Lichterzeugung selbst weniger als das Kerzenlicht.

Die Wärmeäquivalente des Lichts zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der spectralen Zusammensetzung, die Lichtmischungen mit hohem Quotienten zeigen andere Verhältnisse als Lichtarten, die reich an langwelligen Strahlen sind.

Ich habe die Lichtquellen nach ihren Quotienten für grünes und rothes Licht geordnet. Sehr gross ist das Wärmeäquivalent bei den Kerzen. Man könnte einerseits vermuthen, es möchten vielleicht die kleinen Beobachtungswerthe hier einen wesentlichen Einfluss üben; das glaube ich aber bei der oftmaligen sorgfältigen Controlle, die ich mir auferlegt habe, ausgeschlossen zu haben. In zweiter Linie könnte man versucht sein, den niederen Quotienten als eine Erklärung für das hohe Aequivalent anzuführen. Auch das trifft nicht zu, denn wenn man elektrisches Glühlicht, derselben Helligkeit wie eine Kerze, aber von weit kleineren Quotienten betrachtet, ist das Wärmeäquivalent des Lichtes nicht grösser, sondern kleiner wie bei dem Stearin-, Paraffin- und Amylacetatlicht. Die Unterschiede sind so gewaltig, dass von einem Versuchsfehler keine Rede sein kann.

Der Schnittbrenner nimmt in seinem Wärmeäquivalent eine mittlere Stellung ein; aber unzweifelhaft ist es auch wesentlich grösser, als man aus den Beobachtungen an der Glühlampe hätte schliessen sollen. Es hat bei 1—1,2 als Quotienten nur 113,5 cal. als Lichtäquivalent. Das Lichtäquivalent des Glühlichtes, des Bogenlichtes, des Auerlichtes und Magnesiumlichtes ist sehr klein.[1]) Es steht diese Erscheinung in einem, wie es scheint, geordneten Zusammenhange mit dem Lichtquotienten, d. h. dem spectralen Verhalten der Lichtquellen.

---

1) Aus einer kurzen Mittheilung, die mir erst jetzt nach Abschluss der Arbeit bekannt wird, ersehe ich, dass Frederik Rogers[1]), sich auf einem ähnlichen Wege bewegend, wie der von mir seit Jahren eingeschlagene, die Magnesiumflamme näher untersucht hat.

Rogers liess die Strahlung einer Magnesiumflamme direct auf eine Thermosäule fallen; in einem Parallelversuch wurden die Strahlen zuerst durch eine 72 mm dicke Schicht einer Alaunlösung geleitet und dann auf die Säule. Er scheint einen Multiplicator benützt zu haben. Der Strahlungseffect wurde zu 0,133 gefunden. Seine Säule wurde mit einer wassergefüllten Wärme-Messingkugel verglichen; 1 Scalentheil war = 2,53 Cal. p. Min.;

1) Referat in Naturwisscnschaftl. Rundschau, Bd. VII, S. 410.

Ein Vergleich der verschiedenen Arten der Lichtquellen lässt, wie ich meine, einen Unterschied nicht verkennen, nämlich den, dass das Wärmeäquivalent des Lichtes bei den Flammen ein wesentlich anderes ist, als bei den Lichtquellen, bei denen ein fester, compacter Stoff die leuchtende Fläche darstellt.

Die Wichtigkeit der Angelegenheit und das Auffallende der Ergebnisse, dass die Wärmeäquivalente so erheblich verschieden sind, dass namentlich Leuchtflammen und feste Leuchtstoffe so sehr differente Resultate geben, liessen es mir wünschenswerth erscheinen, noch auf einem anderen Wege eine Controlle meiner Messungen zu gewinnen.

Ich habe eine solche schon früher angedeutet. Da aus meinen Untersuchungen hervorgeht, wie viel Gesammtwärmestrahlung (in Calorien) von einer Lichteinheit ausgeht (relatives Strahlungsvermögen), so liesse sich das Wärmeäquivalent der Lichtstrahlung auch berechnen, wenn man mit Hilfe irgend einer Methode die Strahlung nach relativen Zahlen, also z. B. in Procenten ausgedrückt, zerlegen könnte in das Wärmeäquivalent der leuchtenden und dunklen Strahlung.

Solche Versuche, relative Bestimmungen über die leuchtende und dunkle Strahlung zu gewinnen, sind mehrfach ausgeführt worden, die Combinirung solcher Messungen mit meiner Bestimmung über die in absolutem Maasse ausgedrückte Wärmestrahlung (der leuchtenden und dunklen Strahlung) würde die gewünschte Lösung geben.

Die ersten Bemühungen, die leuchtende Strahlung von der dunklen zu scheiden, rühren von Melloni her, welcher, ausgehend von der Annahme, Alaun in geeigneter Dicke lasse keine dunklen Strahlen, Steinsalz die dunklen wie die leuchtenden, durchtreten, die Differenzen zwischen der Strahlung

verglichen mit meinen Angaben, handelt es sich also um ein wenig empfindliches Instrument. Der Strahlungseffect des Magnesiums soll bei 13,5 % höher sein, als bei einem anderen künstlichen Leuchtmaterial. Die Strahlungsmenge allein soll 75 % der gesammten Verbrennungswärme sein, während Leuchtgas nur 15 bis 20 % liefern. Das Wärmeäquivalent einer Kerzenkraft wurde zu 2—4 cal. angegeben, während er bei anderen grösser war.

durch Alaun und Kochsalz als Maass der dunklen Ausstrahlung betrachtete. Er fand, dass eine Ölflamme nur 10%, weissglühendes Platin nur 2% und eine Weingeistflamme nur 1% leuchtende Strahlung besitzt. Die Platten, welche Melloni anwandte, waren verhältnismässig dünn; Tyndall hat nachgewiesen, dass für die Versuche von Melloni die Annahme, Alaun halte alle dunklen Strahlen zurück, nicht zutreffend ist. Er stellte vor seine im Gehäuse eingeschlossene elektrische Lampe ein mit Schwefelkohlenstoffjod gefülltes Kochsalzgefäss, welches nur dunkle Wärmestrahlen durchliess, und diese dunkle Strahlung ging zum Theil durch Alaunlösung hindurch. Leider fehlt an der genannten betreffenden Stelle bei Tyndall eine nähere Angabe über die Dicke der diesem Experiment unterworfenen Lösung.[1]) Welcher Art diese durchgelassene dunkle Strahlung war, ist nicht näher untersucht. Melloni hat für eine 2,6 mm dicke Alaunplatte gefunden, dass sie keine Wärme, der Leslie'sche Würfel von 100° keine, von Kupfer, auf 390° erhitzt, ausgegestrahlte Wärme, durchlässt, während selbstverständlich leuchtende Strahlung hindurchgeht. Darnach möchte man vermuthen, dass alle jene Strahlen, welche zwischen 390° und der Rothgluth liegen, weniger gut von Alaun zurückgehalten werden.

Tyndall's Versuche wurden derart angeordnet, dass er zuerst durch ein mit Kochsalzplatten verschlossenes, mit Schwefelkohlenstoff gefülltes Gefäss die Strahlung einer Lichtquelle — Gaslicht, glühende Platinspirale, Bogenlicht — auf die Thermosäule fallen liess und den Ausschlag des Multiplicators bestimmte, dann wurde ein zweiter Versuch mit einer durch Jod gefärbten und für Lichtstrahlen undurchgängigen Schwefelkohlenstofflösung angestellt.

Der Ausfall an Wärmestrahlung gab ohne weiteres an, wie viel leuchtende Strahlen — im Wärmeäquivalent ausgedrückt — ausgelöscht worden waren. Tyndall's Zahlen für Gaslicht und Bogenlicht lassen sich aus naheliegenden und oben schon berührten Gründen nicht ohne weiteres auf meine Messungen übertragen.

1) S. 562.

Der Methodik haften gewisse Unvollkommenheiten an. Sie ist eine Deficitsbestimmung, was immer gewissen Bedenken begegnet; es lassen sich nur kleine Theile eines Beleuchtungssystems untersuchen. Der Verlust an Strahlung ist durch die Reflexion und die mässige Ausdehnung der für den Durchtritt der Strahlung bestimmten Flächen nicht unerheblich, was eine starke Annäherung an die Thermosäule zur Ausgleichung des Uebelstandes erforderlich macht.

Trotz alledem versuchte ich Tyndall's Methode zur Messung der Relation dunkler und leuchtender Strahlung. Die Anordnung der Versuche war folgende:

Ein Messinggefäss, verschlossen mit gut polirten Kochsalzplatten[1]), wurde mit Schwefelkohlenstoff gefüllt. Jede andere Wärmestrahlung als die durch das etwa 10 cm vor der Säule stehende Absorptionsgefäss wurde durch vorzügliche adiathemane Holz- und Korkschirme abgeblendet; das Gefäss stand genau fixirt auf einem Tischchen. Hinter dem Holzschirme befand sich die Lichtquelle und zwischen Licht und Absorptionsgefäss wurde ein Pappschirm zur Abblendung eingeschoben. Es wurden alternirend je eine Ablesung mit und ohne zwischengehaltenem Pappschirm gemacht und aus zwei Dutzend Beobachtungen die mittlere Ausstrahlung der leuchtenden Flamme bestimmt. Sodann wiederholte ich die Reihe mit einer Schwefelkohlenstoff-Jod-Lösung. Von Jod hatte ich soviel zugesetzt, dass eben ein elektrisches Bogenlicht vollkommen unsichtbar gemacht wurde. Schwefelkohlenstoff wie Schwefelkohlenstoff-Jodlösung waren immer dieselben. Jedesmal stellte ich zuerst auf möglichst guten Ausschlag des Galvanometers ein. Die Versuchsanordnung, das möchte ich von vornherein bemerken, gestattet nie eine grössere Lichtquelle im Ganzen zu untersuchen; man kann etwa eine Kerze, aber nicht einen Schnitt-, Argandbrenner u. s. w. prüfen. Es wird durch Reflexion und den geringen Durchmesser der Oeffnung des Absorptionsgefässes viel Strahlung verloren. Es handelt sich in den meisten Fällen um wenig Scalentheile Differenz.

1) Sie wurden vor jeder Versuchsreihe frisch polirt.

Vom Schnittbrenner prüfte ich den leuchtenden Theil, ebenso vom Auerlicht. Nur solche Lichtquellen, welche wirklich constant sind, lassen sich gebrauchen. Auf Kerzen-, Bogenlicht, Magnesiumlicht musste ich, die Versuche überzeugen leicht davon, Verzicht leisten.

Von den kleinen Lichtquellen war nur die Amylacetatlampe zu gebrauchen. Der Zweilochbrenner war ein 8 Cubikfussbrenner mit schöner, glänzender Flamme. Das elektrische Glühlicht liess ich mit mässig starkem Strom, dann mit stärkstem Strom, welcher die Lebensdauer der Lampe sehr abgekürzt haben würde, erglühen. Das Licht im ersten Fall entsprach in der Farbe einem gutem Gaslicht; im zweiten Fall war es blendend weiss. Das Auerlicht rührte von einem Brenner her, der etwa 500 Brennstunden hinter sich hatte.

Tabelle IV.

	Ohne Jod Sc.-Th.	Mit Jod Sc.-Th.	Dunkle Strahlung in %	Leuchtende Strahlung in %
Amylacetatlampe . .	35,3	34,2	96,88	3,12
Zweilochbrenner, Gas	117,8	111,3	94,4	5,6
Elektr. Glühlicht . .	108,4	103,7	95,6	4,4
» » . .	151,5	135,5	89,4	10,6
Auerlicht	109,7	95,7	87,2	12,8

Die Resultate reihen sich recht gut den Bestimmungen Tyndall's an, zur Uebersicht mögen die Zahlen zusammengestellt sein:

	Strahlung: dunkle in %	Strahlung: leuchtende in %	
Amylacetatlampe	96	4	(Rubner)
Oelflamme	97	3	(Tyndall)
Gas	96	4	(Tyndall)
Zweilochbrenner	94	6	(Rubner)
elektr. Glühlicht	96	4	(Rubner)
» »	89	11	(Rubner)
Auerlicht	87	13	(Rubner)
Bogenlicht	89	11	(Tyndall)

Diese Werthe zeigen also auch wie die mit meiner Methode gewonnenen die ungleiche Zusammensetzung der Strahlung einer Lichtquelle, sie stimmen aber nur zum Theil mit den früher angeführten Messungen überein; sie sind fast durchgängig grösser, als die Messung mit dem Alaungefäss erkennen liess. Es ist leicht diesen Unterschied zu erklären, er rührt davon her, dass die Tyndall'sche Anordnung nur Theile einer Beleuchtungseinrichtung zu untersuchen erlaubt, wodurch bei dem Schnittbrenner und bei dem Auerlicht eine grosse Menge dunkler Strahlung zu Verlust ging. Die gefundenen Differenzen liegen vollkommen innerhalb der zu erwartenden Grenzen der Abweichung.

An einem Beispiel der Gasflamme lässt sich die Uebereinstimmung leicht durch Rechnung zeigen. 44 % bestehen aus dunkler und 56 % aus leuchtender Strahlung; da wir nur die leuchtende berücksichtigen, so folgt, als Mittel berechnet für die ganze Flamme nach Tyndall's Methode, 3,13 % leuchtende und 96,87 dunkle Strahlung. Der Versuch mit dem Alaungefäss ergab 2,7 leuchtende und 97,3 dunkle Strahlung, eine befriedigende Uebereinstimmung.

Für die Amylacetatlampe fand ich, wenn die absolute Strahlung 16,950 Cal. pro 1 St. betrug, bei 3,12 % leuchtender Strahlung = 529 cal. als Wärmeäquivalent des Lichtes — während meine Methode 516 ergeben hatte. Für das Leuchtgas rechne ich 257, während früher 275 gefunden wurde, und für das elektrische Glühlicht bei normalem Strom der Lampe rund 111, während 113 die directe Messung gab. Die mittels der Tyndall'schen Methode gewonnenen Werthe können nur als Annäherung dienen und ich lege auf die eben berichtete so nahe Uebereinstimmung nur insoferne Werth, als sie zeigt, dass offenbar die von mir angewandte Methode zu dem gewünschten Zwecke und den erstrebten Zielen Verwendung finden kann.

Es bestehen also unzweifelhaft Ungleichheiten im Wärmeäquivalent des Lichtes in dem Sinne, wie früher näher bezeichnet worden ist.

Dieselben Summen an Energie, welche aus Aetherwellen bestehen, die den lichtempfindenden Theilen des Auges in ihrer

Bewegung angepasst sind, lösten also nicht die gleiche Empfindung aus.

Um den gleichen Effect für die Wahrnehmbarkeit zu erzeugen, ist von dem Gemische von Aetherwellen, welche in Kohlenstoffleuchtflammen vorhanden sind, weit mehr nothwendig, als von einem Licht, das dem durch den elektrischen Strom erhitzten Kohlenstoff sein Dasein verdankt. Ueberwiegend rothe Farbe setzt unter allen Umständen die Wahrnehmbarkeit herab.

Bei gleicher Helligkeitsempfindung ist verschiedene Menge an Wärme in den verschiedenen Lichtsorten vorhanden; das Licht, welches einen rothen Farbenton hat, ist nicht nur warm, weil es eine grosse Summe dunkler Strahlung mit sich führt, sondern auch deshalb, weil es an sich ein hohes Wärmeäquivalent besitzt.

Zwei in demselben Sinne sich geltend machende Momente wirken also dahin, die Farbenempfindung mit thermischen Gefühlen zu verknüpfen.

Bei künstlicher Beleuchtung überwiegen in der Regel die weniger brechbaren Farben in den Lichtsorten; die Ausnahmen sind bereits näher aufgeführt worden. In der von den Pigmenten der Wände, Stoffe, Tapeten reflectirten Lichtsorten wird in gewissem Grade dann auch die Eigenart der langwelligen Strahlen zum Ausdruck kommen, weil ja alle hellen, weissen Stellen durch Reflexion diese Farbengemisch wiedergeben und gefärbte Stellen auch in gewissem Grade beeinflusst werden.

In einem Raume, in welchem rothe Farben überwiegen und ein Beleuchtungsmaterial mit langwelliger Strahlenmischung brennt, wird natürlich die Farbe der Pigmente durch die Absorption der kurzwelligen Strahlen sich erwärmen. Dieses Wärmeäquivalent des Lichts kann zwar von Bedeutung sein; den wesentlichsten Antheil an der Erwärmung liefert aber im Allgemeinen die bei rothem Licht reichliche dunkle Strahlung. Letztere ist gross genug, um sich bei der Gesammterwärmung eines Raumes bemerkbar zu machen; denn sie beträgt 10 % und mehr der Gesammtwärmeerzeugung.

Die Strahlung gibt jedenfalls Veranlassung zu gleichmässiger Vertheilung der Wärme in einem Raume, indem alle Theile, soweit

keine Abblendung durch Schirme eintritt, getroffen werden, also der sonst schlecht zu erwärmende Boden und die unteren Wandtheile.

Es mag daher wohl zutreffen, dass die im allgemeinen stärker strahlenden Leuchtkörper mit langwelliger Strahlung auch zur Behaglichkeit, d. h. gleichmässigen Erwärmung der Räume etwas beitragen.

Das Wärmeäquivalent der leuchtenden Strahlung ist, vielfach absolut betrachtet, recht unerheblich; so beim Magnesiumlicht, beim Bogenlicht u. dgl., dagegen stellen die Aequivalente der leuchtenden Strahlung bei den Kohlenstoffleuchtflammen eine so erhebliche Summe von Energie dar, dass dieselbe mit anderen Lichtquellen geringer relativer Wärmestrahlung, wie z. B. dem Auerlicht verglichen, deren Gesammtwärmestrahlung ziemlich nahe kommt. Es ist also das Wärmeäquivalent des Lichtes durchaus nicht immer eine zu vernachlässigende Grösse.

Die Ungleichheit des Wärmeäquivalentes verschiedenartigen Lichtes kann man noch in einer von den bisherigen ganz verschiedenen Methodik verfolgen.

Ich füllte mein Absorptionsgefäss mit reinem Wasser; es wurde hinter dem Holzkorkschirm vor der Thermosäule aufgestellt. Dahinter hing eine starke Glühlampe. Der Strom wird immer gleich gehalten. Ich färbte dann mit filtrirter Fuchsinlösung das Wasser tiefroth und maass in geeigneter Weise die Ausstrahlung.

Dann wurde auf's neue in das gewaschene Gefäss Wasser gebracht und nun so lange Methylenblau zugeträufelt bis der Ausschlag des Galvanometers gleich jenem bei Fuchsin war. Die beiden Farben waren also thermisch gleichwerthig; als ich sie aber im Colorimeter ausmaass, waren sie sehr verschieden. Das Fuchsinroth war viel tiefer roth als die Helligkeit des Methylenblau, das Licht also verschieden.

Fuchsin liess nur Roth hindurch. Methylenblau hatte Blau durchgelassen, aber es zeigte sich im Spectralapparat ein sehr schwaches Band im Roth, das auf die Gesammthelligkeit keinen Einfluss übte.

Die kurzwellige Strahlung von g l e i c h e r H e l l i g k e i t ist also ärmer an Energie als die langwellige Strahlung.

Diese Ungleichheit wird im täglichen Leben noch mehr verstärkt durch einen Umstand, auf welchen die Beobachtungen von Lépinay und Nicati, Crova und Lagarde hingewiesen haben.

Gleiche Lichtmengen rothen und blauen Lichtes sind nicht gleichwerthig für den Sehact. Die Untersuchungen der genannten Autoren haben für Spectralfarben gezeigt, dass man, um gleiche Sehschärfe zu erreichen, bedeutend grösserer Mengen rothen wie blauen Lichtes bedarf.

Die nähere Ursache für die Ungleichheit im Warmeäquivalent ist nicht mit aller Sicherheit darzulegen. Möglicherweise bedürfen die rothempfindenden Elemente der Netzhaut anderer absoluter Reizgrössen wie die grün- und blauempfindenden, vielleicht spielten aber auch Absorptionsvorgänge bei dem Durchtritt durch die Medien des Auges eine Rolle, oder es kommen beide Momente zugleich in Betracht.

Aus der berichteten Thatsache lässt sich auch eine leichtverständliche Erklärung für das sogenannte Purkinje'sche Phänomen ableiten.

Eine andere Eigenthümlichkeit des Wärmeäquivalentes, welche gleichfalls einer Erklärung bedarf, ist der Umstand, dass das Wärmeäquivalent des von Kohlenstoff-Leuchtflammen ausgehenden Lichtes trotz gleichem Gehalt an rothem und grünem Licht ungleichen Wärmewerthen entspricht. Die Leuchtflammen haben erheblich höhere Werthe wie die leuchtenden festen Stoffe ergeben.

Ohne diesbezüglich einen in allen Theilen vollkommenen Entscheid zu bringen, mag auf Folgendes hingewiesen sein.

Das Spectrum einer Leuchtflamme setzt sich aus unendlich vielen Einzelnspectren zusammen, nämlich aus den Wirkungen der in Gluth gerathenden Kohlestofftheilchen. Diese letzteren kommen durchaus nicht alle gleichzeitig in's Glühen, sondern es finden sich offenbar Kohlestofftheilchen in den verschiedenartigsten Glühzuständen vor.

Diese Schwingungen finden wegen der bedeutenden räumlichen Trennung der Theilchen in einer Kohlenstoff-Flamme Gelegenheit, sich ungestört auszubreiten.

Die zahlreichen in schwacher Gluth befindlichen Theilchen machen es erklärlich, dass die dunkle Ausstrahlung so ausnehmend gross ist.

Die Eigenartigkeit des Verbrennungsprocesses liegt also nicht ausschliesslich in dem Umstande, dass die Oxydation direkte Strahlung nach Aussen sendet, begründet, sondern bereits in der Lichterzeugung selbst liegt etwas Eigenartiges vor, indem Licht von hohem Wärmeäquivalent, d. h. von geringer Wirkung auf das Auge mit fortgeführt wird.

In einem von dem elektrischen Strom durchflossenen Kohlenbügel finden sich alle Kohlenstofftheilchen unter weit gleichmässigeren Bedingungen, als der Kohlenstoff in der Leuchtflamme.

Wir haben Eingangs dieser Abhandlung erwähnt, dass das Wärmeäquivalent des Lichtes zur Lösung einer mehr technischen Aufgabe, nämlich zur Feststellung der Ausnützbarkeit der Kräfte unserer Beleuchtungsmaterialien und Maschinen angewandt werden könne. Wir wollen noch kurz hierüber einige Berechnungen anstellen.

Den Nutzeffekt in gedachtem Sinne hat man mehrfach so bestimmen zu können geglaubt, dass man auf die Menge der dunklen Strahlung und der leuchtenden hinwies, und etwa in Anschluss an Tyndall's Versuche das Bogenlicht als eine bessere Vorrichtung zur Ausnützung der Energie betrachtete als das Gaslicht oder eine Oellampe.

Unsere Versuche zeigen zur Genüge, dass eine derartige allgemeine Beziehung nicht besteht, und dass man eine sichere Beurtheilung darauf nicht gründen kann. Jedenfalls würde man sich für derartige approximative Schätzungen ebensogut an den Lichtquotienten $\frac{Gr.}{R.}$ halten können. Auch die Verwerthung dieses Verhältnisses zur annähernden Bestimmung der Temperatur solcher Lichtquellen, die der direkten Untersuchung unzugängig sind (z. B. der Sonne), wie Siemens[1]) vorgeschlagen hat, halten wir nicht für berechtigt. Eine für eine beschränkte

1) W. Siemens, Erhaltung der Sonnenenergie, Berlin 1885, S. 85.

Reihe von Erscheinungen gültige Regel, aber kein allgemein anwendbares Gesetz liegt hier vor.

Die relative Wärmestrahlung könnte man in ähnlicher Weise zu verwerthen gedenken, unter der Annahme, dass das Aequivalent des Lichtes eine annähernd gleichbleibende Grösse sei. Wir haben bewiesen, dass das letztere unrichtig ist; im Uebrigen gelten alle Bedenken, die wir oben berührt haben, durchweg auch für die Verwendung der relativen Strahlung in dem berührten Sinne.

Weit besseren Ueberblick gestattet die Berechnung, wie gross die für 1 Kerze Helligkeit aufgewandte Gesammt-Energie bezw. deren gesammtes Wärmeäquivalent sei. Man gewinnt dabei wenigstens relative Zahlen, erfährt aber freilich nicht, in wie weit die Ausnützung der Kräfte für Lichtzwecke bereits vorgeschritten sei.

Solche Berechnungen sind vielfach ausgeführt worden, wir selbst haben an anderen Stellen dieser Abhandlung hiezu Beiträge geliefert. Für die Hygiene sind derartige Betrachtungen durchaus nicht nutzlos, sondern geradezu hochbedeutsam. Alles, was die Gewinnung an Licht steigert, verbilligt zugleich den Preis des Lichtes und erlaubt eine Verbesserung der Beleuchtung im allgemeinen. Jede Steigerung der Ausbeute an Licht verbessert die sanitäre Beschaffenheit solcher Lichtquellen und bringt uns den idealen Aufgaben der Beleuchtung näher.

Ein nur relativer Maassstab für die Beurtheilung des Fortschrittes ist unbefriedigend; man wird nach einer zuverlässigeren Erkenntnis streben müssen.

Einen richtigen Ueberblick erhält man nur durch die Bestimmung des Wärmeäquivalents des Lichtes und durch die Berechnung, wie viel von der angewendeten Gesammtenergie in Licht hat verwandelt werden können. Hierüber vermögen wir auf Grund unserer Versuche durchaus zureichende Angaben zu machen. Wir ergänzen aber zugleich unsere auf S. 336 gegebene Tabelle über die Gesammtvertheilung auf die einzelnen Kraftverluste durch die Beifügung des calorischen Aequivalentes des Lichts.

Tabelle V.

	Heisse Gase in Cal.	Wasserverdampfung in Cal.	Dunkle Strahlung in Cal.	Leucht. Strahlung in Cal.	Leuchtende Strahlung in % in der Gesammtenergie
Paraffin . .	59,68	8,74	10,4	0,352	0,446
Schnittbrenner .	70,90	8,10	8,0	0,220	0,352
Auerlicht . . .	6,53	0,90	1,30	0,076	0,750
Elektr. Glühlicht	1,03	—	2,274	0,256	7,144

Wir geben die Bilanz für ein Paraffinlicht, einen Gasschnittbrenner, das Auerlicht und elektrische Glühlicht; die Wärmeäquivalente der leuchtenden Strahlung sind also ausserordentlich unbedeutende Grössen. Bei einer Kerze und dem Schnittbrenner werden nur zwischen 0,4 bis 0,35% in Licht umgewandelt. Auch das Auerlicht zeigt noch bedenkliche Mängel, indem nur 0,75% in Licht umgewandelt werden; es verdankt seine günstige Stellung dem ungemein geringen specifischen Wärmeäquivalent der leuchtenden Strahlung.

Ungemein günstig im Verhältnis zu den übrigen angeführten Lichtquellen stellt sich das elektrische Glühlicht; noch günstigere Effecte werden unzweifelhaft mit Bogenlicht erzielt.

Die Ausnützung der Kraft zu Licht ist in den vorgenannten Fällen eine recht unbedeutende, indem zwischen 99,6 bis 92,8% der Gesammtenergie anderen Zwecken als der Lichterzeugung dienen. Das Bogenlicht wird etwas günstigere Zahlen als die bisher aufgeführten zeigen.

Die vorliegenden Untersuchungen können, wie ich glaube, zu einer meines Wissens für gemischtes Licht noch nicht aufgeworfenen Frage von allgemeinem Interesse verwendet werden, nämlich zur Bestimmung jener Energiemenge gemischten Lichtes welche eben eine Netzhauterregung hervorruft.

Eine Untersuchung der spectralen Bezirke betreffs der Energiemengen, welche zur Erregung einer Lichtempfindung eben ausreichen, rührt von J. P. Langley her. Sie sind mir erst bekannt geworden, nachdem ich für gemischtes Licht der Kerze die später folgenden Berechnungen durchgeführt hatte.

J. P. Langley[1]) hat für verschiedenfarbiges Licht berechnet, dass zur ersten Wahrnehmung dem Auge in einer halben Secunde zugeführt wird

bei violettem Licht	(0,40	Wellenlänge)	$\frac{1}{1\,500\,000}$	Erg.
» grünem »	(0,55)	»)	$\frac{1}{360\,000\,000}$	»
» scharlachroth	(0,65)	»)	$\frac{1}{1\,600\,000}$	»
äusserstes Roth	(0,75)	»)	$\frac{1}{780}$	»

Ohne Kenntnis dieser Versuche hatte ich mich bemüht, auf Grund ganz anderer Voraussetzungen für die Strahlung einer Kerzenflamme einen annähernden Grenzwerth der Lichtempfindung zu berechnen. Eine Angabe über die Wahrnehmbarkeit von Licht auf weite Entfernung findet sich bei Tyndall vor.

Er gibt an, dass man in einer klaren Nacht die Flamme einer Kerze eine englische Meile weit sehen kann.[2]) Die Weite der Pupille kann man zu 6,1 mm annehmen und die Dicke eines Zapfens der Netzhaut beträgt 0,0045 bis 0,0055 mm nach Kölliker[3]).

Eine englische Seemeile beträgt 1850 m. Die Gesammt-Strahlung einer Kerze in dieser Entfernung wird also, wenn bei 37,5 cm Abstand n-Mikrocal. vorhanden sind:

$$\frac{n \cdot 37{,}5^2}{185\,000^2}$$

oder für die Paraffinkerze = 0,00000003526 Mikrocal. pro 1 qcm und 1 Min.

für den Pupillendurchmesser = 6,1 mm wird die Öffnung = 29 qmm,

sonach die ins Auge tretende Strahlungsmenge =

0,000000010227 Mikrocal. pro 1 qcm,

davon ist das Aequivalent der leuchtenden Strahlung 3,27%, also = 0,0000000003342 Mikrocal. = 0,3342 10^{-9} Mikrocalorien.

1) a. a. O.

2) Tyndall, S. 564.

3) Fick, Hermann's Handbuch der Physiol., III, S. 97.

4) a. a. O., S. 153.

Gesetzt es betrage die Masse eines Zapfens rund 650 Cubikmikren. $\left(\frac{1 \text{ cbmm}}{1\,000\,000}\right)$, und es vertheilte sich der Kraftwechsel des Menschen auf alle Zellen gleichmässig, so macht der Umsatz pro 1 mg und 1 Min. gerechnet nicht mehr als 0,0293 Mikrocalorien und die Wärmeeinheiten nach dem zur Erwärmung einer Cubikmikre nothwendigen Wärmebedarfs als Einheit gerechnet = 0,0000000293 Mikrocalorien und für ein Element 0,0001941 Mikrocalorien.

Der Reiz einer minutenlangen Einwirkung des Lichtes aber wäre dann in derselben Einheit (Mikrocal.)

= 0,0000000003342

der Reiz beträgt annähernd 0,0026 % des Umsatzes. Wir legen auf die Zahlen selbst, soweit sie letzteren angeben, keinen besonderen Werth und wollen nur den allgemeinen Schluss ziehen, dass ein Reiz ausserordentlich klein sei gegenüber den anderen ablaufenden stofflichen Vorgängen. Es ist nicht näher bekannt, welche Theile eines Stäbchens oder Zapfens für die Lichtwellen empfänglich sind. Es wäre ja möglich, dass nur sehr kleine Parthien der ganzen Zelle dem Zwecke der Lichtwahrnehmung dienen.

Wir haben bei der Empfindung der Wärme festgestellt, dass etwa 35 Mikrocalorien eben ausreichen, ein Gefühl hervorzurufen. Zwischen dem Licht und Wärmereiz besteht also das annähernde Verhältnis wie 35 : 0,0000000003342, d. h. 105 Milliarden[1] : 1. Man sieht, welch ungeheure Verschiedenheit zwischen beiden Grössen.

Meine Berechnungsart lässt sich mit den Angaben von Langley nicht unmittelbar vergleichen, weil ich einerseits nicht das Arbeitsäquivalent, sondern das Wärmeäquivalent berechnet habe, und weil ich ferner als Zeiteinheit die Minute wählte — Langley die halbe Secunde. Ich bemerke, dass die halbe Secunde gleichfalls eine willkürliche Einheit ist, und den Vorgängen im Sehact nicht ganz entsprechend.

---

1) 104 700 000 000.

Führt man für meine Angaben die Rechnung durch, so legen wir für 1 Erg. zu Grunde $= \frac{\text{Kilogrammmeter}}{98\,000\,000}$.

1 kgrcal. wäre = 41 650 Mill. Erg., 1 Mikrocal. = 41 650 Erg.

Das mechanische Wärmeäquivalent der mit dem Auge wahrnehmbaren Lichtstrahlung ist demnach: nach meiner Berechnung für die Kerzenflamme $0{,}116 \cdot 10^{-6}$ Erg. pro $^1/_2$ Secunde, was rund

$$= \frac{1}{8\,900\,000} \text{ Erg. entspricht.}$$

Diese für gemischtes Licht geltende Zahl fällt innerhalb jener für einzelne Spectralbezirke von Langley angegebenen Werthe.

Aus diesen Ergebnissen der minimalen Quantitäten von Energie, welche nothwendig sind, um Lichtempfindung zu erregen, wird auch verständlich, warum einerseits in den Zellen der Leuchtkäfer Licht entstehen kann ohne bemerkenswerthe Veränderung der Organisation, und welch kleine Mengen von Stoffumsatz dazu gehören, die unser Auge reizende Lichtmenge zu erzeugen.

Die Choleraepidemie in Constantinopel im Jahre 1893/94.

Von

Dr. **Matthiolius,**

Marinestabsarzt, s. Z. in Constantinopel an Bord S. M. Schiff Loreley.

(Mit 2 Tafeln.)

Im Jahre 1892 war Constantinopel von der im übrigen Europa auftretenden Cholera verschont geblieben. Als nun im Sommer 1893 wiederum von den verschiedensten Seiten Nachrichten über das Auftreten der Cholera asiatica in Europa auftauchten, da versuchten es die Türken ihr Reich und besonders die Hauptstadt Constantinopel durch Absperrungsmaassregeln der weitgehendsten Art von dieser hier über Alles gefürchteten Seuche frei zu halten. Trotz aller Anstrengungen gelang ihnen dies nicht. Bevor ich aber auf die Epidemie selbst eingehe, will ich einige kurze Bemerkungen über gewisse städtische Einrichtungen, welche auf dieselbe wohl von Einfluss sein konnten, voranschicken. Canalisation ist vorhanden, und die Abwässer der Stadt werden in Röhren in den Bosporus und das goldene Horn geleitet. Wesentlicher Einfluss ist derselben aber nicht zuzusprechen, das zeigt der allüberall herrschende in der ganzen Welt bekannte Schmutz der Stadt. Besser schon steht es mit der Wasserversorgung. Bereits das alte Stambul hatte seine Wasserleitung, diejenige des Kaisers Valens. Streckenweise noch heute stehende Reste dieser gewaltigen Bögen, über welche das Wasser der Stadt zugeführt wurde, zeugen von dieser grossartigen Anlage. Noch heute sieht man auch die imponirenden Reste

der einst die Stadt versorgenden grossen Cisternen, so die der 1001 Säule; jetzt aber nur noch ehrwürdige Zeugen einer grossen Zeit, welche als unterirdische Höhle Seilern zur Werkstätte dient. Aber eine neue grosse Wasserleitung versorgt auch heute wieder einen grossen Theil der Stadt mit gutem Trinkwasser. Dasselbe wird in grossen Teichen, den sogenannten Bents, im Belgrader Wald etwa vier deutsche Meilen von der Stadt entfernt, während der Regenzeit gesammelt und durch vorgezogene Mauerwerke am Abfliessen verhindert. Von hier aus wird es in langen unterirdischen Kanälen, welche von Strecke zu Strecke durch enge Luftschächte mit der äusseren Luft communiciren, der Stadt zugeführt und theils in den Häusern selbst, theils an den Strassen und Plätzen öffentlichen Zapfhähnen entnommen. Von letzteren aus tragen es Wasserträger in Ziegenschläuchen durch die Strassen, es feilbietend. Nicht alle Bewohner nehmen aber an dieser Wohlthat theil. Für die auf asiatischer Seite Wohnenden ist von einer Gesellschaft eine eigene Wasserleitung erbaut, aber aus äusseren Gründen noch nicht der Benutzung übergeben. Noch müssen viele Einwohner Brunnen und kleinen nicht sehr sorgfältig gehaltenen Cisternen ihr Wasser entnehmen. Die Schiffe erhalten zum Theil ihr Wasser auf Wasserfahrzeugen aus den Quellen von Beikos und Derkos, Orten auf asiatischer Seite, und wiederholte chemische Untersuchungen haben mich von der guten Beschaffenheit des uns gelieferten Wassers überzeugt. Auch der Nahrungsmittelverkehr verdient einige Beachtung. Die grosse Menge des Volkes entnimmt den täglichen Bedarf den zahlreichen Garküchen und kleinen Kramhändlern, Bakals. Ueberall finden wir diese verstreut, auch in den engsten und schmutzigsten Strassen, selbst einen keineswegs sauberen Anblick gewährend. Vielfach kauft der Arbeiter sogar sein Brot, seinen Käse, seine Frucht besonders Melone in kleineren oder grösseren Stücken, welche ihm durch die Hand des Verkäufers zugetheilt werden. Besser gestellt sind hierin die Begüterteren. Für sie gibt es in grossen sauberen Schlächtergeschäften und Verkaufsläden, ja guten Delicatessen-Handlungen die Bedürfnisse des täglichen Lebens in guter Beschaffenheit. Besonders gilt

dies für die Fremden, die zumeist in Pera ihren Wohnsitz und ihre Bezugsquellen haben.

Im September 1893 brach die Seuche in Constantinopel aus, und es wurden zahlenmässige Berichte über den Verlauf derselben veröffentlicht. Die in Folgendem angegebenen Zahlen sind den Berichten des internationalen Gesundheitsrathes zu Constantinopel entnommen. Freilich werden dieselben hier aus verschiedenen Gründen als nicht durchaus den Thatsachen entsprechend angesehen. Im Anwachsen und Abnehmen derselben aber ergibt sich jedenfalls ein den thatsächlichen Vorkommnissen entsprechendes Bild. Auch können dieselben nicht allzu sehr fehlgegriffen sein, da das aus ihnen am Schlusse berechnete Verhältnis zwischen den Zahlen der Erkrankungen und Todesfälle recht gut den an anderen Orten gewonnenen Erfahrungen entspricht.

Zur besseren Uebersicht sind tabellarische und graphische Darstellungen der gemeldeten Cholerafälle und der während der Epidemie herrschenden Witterung nach dem meteorologischen Journal des in Constantinopel stationirten deutschen Kriegsschiffes S. M. S. Loreley beigefügt. Die Angaben über Feuchtigkeit sind dabei leider für unsere Zwecke weniger genau. Dieselben sind nach den in vierstündigen Zwischenräumen gemachten Notizen über Feuchtigkeit in der Luft (Nebel, Thau u. s. w.) und dem in dieser Zeit erfolgten Niedergang von Regen und Schnee gemacht. War an einem Tage nur vereinzelt Feuchtigkeit, Regen oder Schnee notirt, so machte ich dies durch f, r, s, kenntlich, bei wiederholter Aufzeichnung durch $\underline{f}\ \underline{r}\ \underline{s}$ und bei vielfacher Aufzeichnung an einem Tage durch $\underline{\underline{f}}\ \underline{\underline{r}}\ \underline{\underline{s}}$. Es ergibt dies ja nur ungefähre Angaben über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft, genauere waren mir aber nicht zugängig. Die gemeldeten Fälle sind von mir in Gruppen nach einzelnen Stadtgegenden geordnet. Dabei sind in der Rubrik 5 diejenigen Fälle eingetragen, welche in den auf der asiatischen Seite des Bospurus bzw. Marmarameeres gelegenen Stadttheilen Skutari, Haidar Pascha und Cadiköi vorgekommen sind. Die Verbindung dieser Theile mit der europäischen Stadt wird durch Dampffähren, Dampf- und Ruderboote vermittelt.

In der Rubrik 6 ist eine Zusammenfassung der Fälle in den Stadttheilen südlich des goldenen Hornes besonders Stambul, dem Hauptsitz der Türken, enthalten. Die Rubrik 7 umfasst die Fälle in den Orten nördlich vom goldenen Horn so Galata, das durch frühere Cholera-Epidemien berüchtigte Kassim Pascha u. s. w. Es sind dies Wohnorte vielfach ärmerer Leute mit engen, winkligen, bei dem so häufigen Regenwetter überaus schmutzigen Gassen. Der Verkehr über das goldene Horn wird durch zwei Brücken und zahlreiche Boote vermittelt und ist ein überaus reger. Für sich sind unter Nr. 8 die Fälle in Pera gezählt. Dieser Stadttheil liegt etwas entfernter vom Wasser auf einem Hügel, der 110 m über den Meeresspiegel emporragt. Hier wohnen die meisten Fremden. Unter Nr. 9 sind die Fälle in den Vororten am Bosporus zusammengefasst, die sich in fast ununterbrochener Reihenfolge an beiden Ufern hinziehen und mit der Stadt im regelmässigen Dampferverkehr stehen.

Wie schon erwähnt, versuchte man die Seuche von Constantinopel durch Quarantänemaassregeln im umfassendsten Grade fern zu halten. Schien doch die natürliche Lage der Stadt an dem durch zwei Meerengen gleichsam bewachten Marmara-Meere für eine Abschliessung gegen gefährlichen Seeverkehr zur sicheren Abschliessung besonders geeignet. In jenen beiden Meerengen wurde der Schiffsverkehr hier im oberen Bosporus bei Anatoli-Kawak, dort in der Dardanellenstrasse in Tschanak Calessi ärztlich überwacht. Und auch in Bezug auf den Landverkehr erschien die Lage günstig, da wesentlich nur eine weitere, grösseren Verkehr bringende Eisenbahn, die Orientbahn, in Betracht kam.

Die Zahl der Orte und Gegenden, gegen welche durch Beschluss des internationalen Gesundheitsrathes zu Constantinopel in der Zeit vom 19. Juli 1893 bis 20. Dez. 1893 Ueberwachungs- und Quarantänemaassregeln angeordnet wurden, ist eine sehr grosse. Am 7. März 1893 waren alle im Vorjahre angeordneten Quarantänen, Visiten und Desinfectionen aufgehoben worden, allein ausgenommen war das Asowsche Meer, gegen welches eine 10 tägige Quarantäne fortbestand und Hamburg mit den übrigen Elbehäfen, deren Schiffe sich einer ärztlichen Visite unterziehen

mussten. Auch diese letzten Einschränkungen fielen am 5. April 1893. Doch schon am 12. April 1893 finden wir wiederum eine 5tägige Quarantäne gegen Yemen erwähnt. Der Neuanfang der Ueberwachungsmaassregeln wurde mit Odessa gemacht, gegen welches am 19. Juli 1893 visite médicale angeordnet wurde. Am 23. Aug. 1893 wurde dieselbe in eine 5tägige Quarantäne umgewandelt, die nach vorübergehender Herabmilderung auf Beobachtung am 5. Dez. 1893 auf 10 Tage erhöht wurde. Am 8. Aug. 1893 wurde gegen Rostow und Cherson eine 5tägige Quarantäne verhängt, letztere am 17. Aug. auf 10 Tage erhöht. Vom 12. Aug. an mussten sich Herkünfte aus Kertsch, vom 14. Aug. an solche aus Poti, dem Asowschen Meere und Nikolajew einer 5tägigen Quarantäne unterwerfen, die für letzteren Hafen vom 17. Aug. auf 10 Tage ausgedehnt wurden. Am 17. Aug. wurde gleichfalls den Schiffen aus russischen Häfen von der rumänischen Grenze bis Kertsch eine 24stündige Beobachtung auferlegt, gegen die übrigen Schwarze-Meer-Häfen Russlands bis zur türkischen Grenze eine 5tägige, vom 3. Sept. ab 10tägige Quarantäne verfügt. Gegen Sewastopol bestanden seit dem 23. Aug. 10 Tage Quarantäne. Schiffe aus Trapezunt mussten vom 4. Nov. ab eine visite médicale rigoureuse, vom 14. Nov. ab eine 14tägige Quarantäne über sich ergehen lassen. Gegen die rumänischen Häfen bestand schon seit dem 8. Aug. eine 10tägige Quarantäne und Schiffe aus den bulgarischen Häfen Burgas, Warna und Baltschik mussten seit dem 14. Aug. eine solche von 3 Tagen halten.

Auf der Orientbahn wurden die Reisenden am 19. Juli in Mustapha Pascha einem ärztlichen Besuch und vom 14. Aug. einer 3tägigigen Quarantäne unterworfen, welche am 29. Sept. auf 5 Tage erhöht wurde.

An den Küsten Klein-Asiens und Syriens wurde das Villajet Aidin, Clazomene und Beyrut betroffen: Herkünfte aus Ersterem mussten seit dem 14. Aug. 10 Tage Quarantäne halten, aus letzteren beiden seit dem 15. Aug. sich einem ärztlichen Besuche unterziehen, diejenigen aus Smyrna seit dem 11. Nov. einer 24stündigen Beobachtung, visite médicale rigoureuse und Desinfection.

Gegen Persien und Arabien wurden im November Quarantänen festgesetzt und zwar gegen Bundes Abbas am 4. Nov. 10 Tage, gegen Bassorah am 5. Nov. 10 Tage und gegen die Landschaften Assyr und Yemen am 11. Nov. 5 Tage.

Von der Nordküste Afrikas wurden die Herkünfte aus der Regentschaft Tunis am 23. Aug. einer 10tägigen Quarantäne unterworfen, diejenigen aus Tripolis am 20. Dez. einer gleichen.

Gegen die Häfen Italiens wurde am 17. Aug. eine ärztliche Visite, am 30. Aug. eine 24stündige Beobachtung angeordnet. Vorher, nämlich am 2. Aug., war schon gegen Genua ärztlicher Besuch und gegen Neapel 5tägige Quarantäne festgesetzt, welche am 8. Aug. auf 10 Tage ausgedehnt wurde. Desgleichen wurde den Schiffen von Sizilien und Sardinien am 17. Aug. eine ärztliche Visite auferlegt, welche für Sizilien am 30. Aug. in eine 24stündige Beobachtung und für Palermo und Messina am 30. Aug. bezw. 13. Sept. in eine 10tägige Quarantäre umgewandelt wurde.

In gleicher Weise wurde die ärztliche Visite den Schiffen aus Triest am 2. Aug. auferlegt und sämmtliche Schiffe aus den Mittelmeer-Häfen Oesterreich-Ungarns mussten seit dem 3. Sept. eine 5tägige Quarantäne durchmachen.

3 Tage Quarantäne wurden am 13. Sept. gegen Monaco angeordnet, gegen die französischen Mittelmeer-Häfen seit dem 29. Sept. eine 24stündige Beobachtung.

Die Schiffe aus Salonik unterlagen seit dem 8. Dez. einer Ueberwachung, an Stelle deren unter dem 20. Dez. eine 10tägige Quarantäne beschlossen wurde.

Von den Herkünften aus ferneren Häfen mussten sich die Hamburger seit dem 19. Sept., diejenigen aus Rotterdam und Antwerpen seit dem 23. Aug. eine 24stündige Beobachtung, letztere seit dem 27. Sept. eine 5tägige Quarantäne gefallen lassen. Eine gleiche wurde am 27. Sept. Amsterdam, dem Haag und den Hafenstädten des Flusses Humber in England auferlegt. Nähere Ausführungen über die Dauer der Quarantäne für Schiffe, welche längere Zeit auf der Fahrt gewesen oder unterwegs Passagiere und Ladung gewechselt hatten, enthält das »Circulaire concernant

les dispositions applicables aux navires pendant la période quarantenaire actuelle« vom Jahre 1892, welches unter dem 27. IX. wieder in Kraft gesetzt wurde. Im Laufe der Zeit wurden die verschiedenen Schutz-Anordnungen dann je nach den Umständen wieder gemildert bezw. aufgehoben.

Ueber die Art der Einschleppung der Seuche in Constantinopel kann ich kein bestimmtes Urtheil abgeben.[1])

Der Beginn der Epidemie in Constantinopel fällt gegen Anfang September. Am 31. VIII. waren im Irrenhause zu Skutari 3 rasch tödtlich verlaufene Krankheitsfälle vorgekommen, welche für fièvre pernicieuse choleriforme erklärt wurden; am 1. IX. erfolgten 5 weitere Erkrankungen. Das Gebäude, welches in dem höher gelegenen Theile von Skutari steht, wurde mit einem Militär-Cordon umgeben und eine Untersuchung angeordnet. Der Arzt des Hauses, welcher entfernt wohnte, durfte längere Zeit dasselbe nicht verlassen und mit seinen Angehörigen nur aus der Ferne verkehren. Der internationale Gesundheitsrath behielt sich in seiner Sitzung vom 3. IX. 93 seine Entscheidung auf den 5. IX. vor. An diesem Tage wurde Constantinopel für durch Cholera verseucht erklärt. Es ist somit das Irrenhaus zu Skutari als der erste Krankheitsherd in Constantinopel anzusehen.[2]) Wenn nun in der allgemeinen Auffassung hier der Zustand dieses Hauses in Bezug auf Reinlichkeit als ein sehr trauriger gilt, so kann ich dem nach eigener Anschauung nicht beipflichten. Ich hatte Gelegenheit, die Einrichtungen der Männer-Abtheilung dieser Anstalt Anfang 1893 zu besichtigen — allerdings war unser Besuch angekündigt, so dass besondere Vorbereitungen möglich waren, doch wäre es bei mangelhafter sonstiger Reinlichkeit nicht möglich gewesen, den hohen Grad der Sauberkeit, den wir vorfanden, in wenigen Tagen herzustellen. Wenn auch die kasemattenartigen Räume, welche den Kranken zum Aufenthalt bei Tage bestimmt waren, mit

1) Vgl. jedoch Dr. Mordtmann, Die Cholera in der Türkei. Hygienische Rundschau, 1894, April.

2) Dr. Mordtmann erwähnt in seiner Arbeit »die Cholera in der Türkei« 4 frühere Fälle, dieselben blieben aber vereinzelt.

geringen Licht- und Luftquellen nicht unserem Ideal eines Krankenhauses entsprachen, so war ein Mangel an Reinlichkeit durchaus nicht zu beklagen. Desgleichen machten die geräumigen, gut gelüfteten Schlafsäle mit ihren wohlgeordneten, sauberen Betten und gut gereinigten Fussböden einen erfreulichen Eindruck. Das Gleiche muss in noch erhöhtem Maasse von den Closets und den Wäsche- und Kleiderkammern ausgesprochen werden. Letzterer Dielen wetteiferten an Sauberkeit mit den Decksplanken eines Kriegsschiffes. Das orientalische Closet, wie es auch hier überall zu finden war, ist ja überhaupt leicht rein zu halten. Dasselbe hat keinen Sitz, sondern besteht nur aus steinernen Fussplatten, in welche zweckentsprechende Löcher und Rinnen geschnitten sind, die sich durch ergiebige Wasserspülung leicht reinigen lassen. Eine Berührung von anderen Benutzern beschmutzter Stellen ist ja auch bei dieser Einrichtung fast völlig ausgeschlossen, falls man es nicht, wie dies bekanntlich bei Geisteskranken zuweilen vorkommt, mit besonders unreinlichen Individuen zu thun hat. Selbst dieser Gefahr lässt sich aber durch eine gute Ueberwachung seitens des Wärterpersonals vorbeugen und dass diese gründlich und mit Verständnis gehandhabt wurde, davon konnten wir uns bei unserem Besuche überzeugen.

Leider ist es mir nicht möglich gewesen zu erfahren, wie sich von diesem ersten Herde aus die Krankheit weiter verbreitet hat, nur ein hierin interessanter Fall vom Ende September ist mir bekannt geworden: Ein Mann eines vor Halki, einer Insel im Marmara-Meer unfern Constantinopel, liegenden türkischen Kriegsschiffes erkrankte an Brechdurchfall und starb. Derselbe litt an epileptischen Krämpfen und war einige Zeit vorher deswegen im Irrenspital zu Skutari gewesen.

Schon wenige Tage nach dem Ausbruch in Skutari finden wir einzelne Krankheitsfälle auch in den übrigen Stadttheilen, doch hielt sich die Seuche bis Anfang November in ziemlich engen Grenzen (cf. Tabelle und Curve I). Seit dem 6. ds. Mts. nimmt die Ausbreitung erheblich zu, wächst allmählich bis zum

(Fortsetzung des Textes auf Seite 388.)

Tabelle I.

Zusammenstellung der an den einzelnen Tagen in den verschiedenen Stadtgegenden gemeldeten Krankheits- und Todesfälle nebst Angaben über die Witterungsverhältnisse.

1. Monat September 1893.

1.	2.	3.	4.	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
				Gemeldete Fälle in Stadtgegenden											
Tag	Mittlere Temperatur ° C.	Niederschläge	Vorherrschende Windrichtung	in Asien		südlich vom gold. Horn		nördlich v. gold. Horn (ausser Pera)		in Pera		in Vororten am Bosporus		insgesammt	
				krk	todt	krk.	todt	krk.	todt	krk.	todt	krk.	todt	krk.	todt
Bis 7. einschl.		Nicht zu erhalten wegen Abwesenheit S. M. S. Loreley.		59	39	14	2	—	—	—	—	—	—	73	41
8.				12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—
9.				9	10	—	—	—	—	—	—	—	—	9	10
10.				19	9	—	—	—	—	—	—	—	—	19	9
11.				8	11	1	1	3	2	—	—	1	1	13	15
12.				6	4	2	—	—	—	—	—	1	—	9	4
13.				5	3	—	—	—	—	1	—	1	—	7	3
14.				2	6	—	—	—	—	—	—	—	—	2	6
15.				1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
16.				4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—
17.				4	2	2	—	—	—	—	—	—	—	6	2
18.				1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
19.				—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
20.				5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1
21.				8	5	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5
22.				—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
23.				—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
24.				2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
25.				—	1	—	—	—	—	1	1	—	—	1	2
26.				1	1	—	—	—	—	—	—	2	1	3	2
27.	22,7	f	NO	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1
28.	20,0	—	NO	7	3	1	—	—	—	—	—	—	—	8	3
29.	18,8	—	NO	3	2	—	—	2	—	—	—	1	—	6	2
30.	19,4	—	N	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
Sa.				153	104	20	3	6	2	2	1	6	2	187	112

NB. In Rubrik 3 bedeutet f Feuchtigkeit in der Luft (Dunst, Nebel etc.),
f während mehrerer Stunden, f andauernd.
r Regen, r » » » r andauernder Regen.
s Schnee, s » » » s » Schnee.

26

2. Monat October 1893.

1.	2.	3.	4.	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
				Gemeldete Fälle in Stadtgegenden											
Tag	Mittlere Temperatur ° C.	Niederschläge	Vorherrschende Windrichtung	in Asien		südlich vom gold. Horn		nördlich v. goldenen Horn		in Pera		in Vororten am Bosporus		insgesammt	
				k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
1.	19,2	—	NO	—	—	3	1	—	1	1	1	—	2	4	5
2.	17,4	—	NO	2	2	1	—	—	—	—	—	1	—	4	2
3.	18,7	—	S	16	1	1	—	—	—	—	—	—	—	17	1
4.	20,0	—	S	1	2	—	—	3	—	—	—	—	2	4	4
5.	21,4	—	WSW	4	—	1	—	1	—	1	1	—	—	7	1
6.	20,2	—	N	1	1	1	1	2	—	—	—	—	—	4	2
7.	20,3	—	NO	—	—	2	—	3	—	1	—	1	1	7	1
8.	20,6	—	NO	6	2	—	2	—	3	—	—	—	—	6	7
9.	20,0	—	NO	1	—	—	—	1	2	—	—	—	—	2	2
10.	20,6	—	NO	3	1	2	1	—	1	—	—	1	1	6	4
11.	20,6	—	NNO	4	1	—	—	1	—	—	—	1	—	6	1
12.	18,7	r	N	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
13.	17,6	r	NNO	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
14.	18,6	—	SO	4	7	1	—	9	—	2	—	1	1	17	8
15.	17,0	r	OSO NW	1	2	2	1	3	1	—	1	1	1	7	6
16.	16,8	r	NW	7	1	1	1	6	4	—	1	2	1	16	8
17.	18,7	f	SW	4	3	—	—	1	—	—	—	1	1	6	4
18.	18,4	f	SW	6	4	—	—	2	—	—	—	1	1	9	5
19.	17,0	r	N	5	5	2	3	1	1	1	1	—	—	9	10
20.	14,3	r	NO	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—
21.	12,5	r	N	1	2	—	—	1	1	1	—	1	—	4	3
22.	14,9	—	NO	3	3	—	—	4	5	—	—	1	—	8	8
23.	14,6	—	ONO	2	2	—	—	3	1	—	—	—	—	5	3
24.	15,7	—	NW	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	2	1
25.	13,9	—	NO	1	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2
26.	12,7	—	NO	—	—	—	—	1	1	—	—	1	2	2	3
27.	13,7	f	S	4	3	2	1	—	—	—	—	—	—	6	4
28.	13,1	f	SSO	—	1	—	—	2	1	1	1	—	—	3	3
29.	15,2	f	NO	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	1
30.	15,9	f	NO	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	1	1
31.	16,5	f	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—
Sa.	17,2	—	—	82	44	19	11	47	25	8	6	15	14	171	100

3. Monat November 1893.

1.	2.	3.	4.	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
				Gemeldete Fälle in Stadtgegenden											
Tag	Mittlere Temperatur ° C.	Niederschläge	Vorherrschende Windrichtung	in Asien		südlich vom gold. Horn		nördlich v. goldenen Horn		in Pera		in Vororten am Bosporus		insgesammt	
				k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
1.	16,1	—	NO	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
2.	15,2	f	W	1	—	2	1	2	1	—	—	—	—	5	2
3.	16,4	r	WSW	1	2	1	—	1	—	—	—	—	–	3	2
4.	14,1	r	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	15,5	f	SW	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1	2
6.	16,5	f	WSW	6	1	6	2	7	2	1	2	1	—	21	7
7.	17,9	r	WSW	2	6	5	2	2	2	—	—	7	3	16	13
8.	17,2	—	WSW	3	3	2	2	14	7	2	1	3	5	24	18
9.	17,5	r	WSW NNO	1	1	3	1	14	14	3	1	—	—	21	18
10.	15,9	r	W	5	1	11	3	8	1	—	—	1	—	25	5
11.	15,8	r	N	5	2	15	5	12	11	—	—	2	—	34	18
12.	9,2	r	N	4	4	21	9	14	4	—	1	—	1	39	19
13.	8,4	r	NO	8	2	15	7	13	6	4	2	3	1	43	18
14.	9,7	r	NO	6	4	15	7	10	8	—	1	1	1	32	21
15.	9,6	r	NNW	5	3	14	10	23	14	—	1	1	—	43	28
16.	11,0	—	W	6	2	5	4	2	6	3	1	3	2	19	15
17.	11,1	f	SSW	7	4	14	3	13	7	—	1	2	1	36	16
18.	15,0	f	SSO	3	2	15	5	8	6	2	1	1	—	29	14
19.	18,6	r	SO	—	1	21	10	12	6	—	-	1	2	34	19
20.	17,3	r	SO	2	1	17	9	10	6	—	1	2	1	31	18
21.	16,7	f	W	5	2	7	4	9	6	2	2	3	4	26	18
22.	11,4	f	N	1	2	37	10	3	1	—	—	—	1	41	14
23.	11,0	f	?	3	3	30	12	9	2	1	—	5	1	48	18
24.	17,1	—	SSW	—	3	35	27	5	5	2	—	4	2	46	37
25.	17,5	—	SSW	1	1	24	17	13	5	1	1	5	—	44	24
26.	16,6	r	S	4	3	21	16	6	3	5	3	1	3	37	28
27.	13,9	r	S	1	1	10	10	3	3	1	4	—	—	15	18
28.	11,6	f	N	2	1	13	4	7	8	1	1	4	1	27	15
29.	10,8	—	N	—	1	18	10	12	7	—	3	5	4	35	25
30.	8,7	—	SSW	—	—	13	2	7	3	2	2	1	1	23	8
Sa.	14,1	—	—	83	57	390	193	240	144	30	29	56	36	799	459

4. Monat December 1893.

1.	2.	3.	4.	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
				Gemeldete Fälle in Stadtgegenden											
Tag	Mittlere Temperatur ° C.	Niederschläge	Vorherrschende Windrichtung	in Asien		südlich vom gold. Horn		nördlich v. goldenen Horn		in Pera		in Vororten am Bosporus		insgesammt	
				k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
1.	10,4	—	SO	—	—	15	8	16	4	3	—	2	2	36	14
2.	11,0	—	S	1	2	23	10	17	8	1	5	2	1	44	26
3.	12,9	r	NO	4	1	33	16	15	9	4	2	7	5	63	33
4.	10,3	r	NW	4	3	33	13	11	4	5	3	3	4	56	27
5.	11,3	r	N	5	1	28	12	21	7	2	—	10	2	66	22
6.	12,9	—	O	2	4	14	8	25	3	2	1	5	—	48	16
7.	11,7	f	NW	1	4	14	9	15	8	3	2	8	1	41	24
8.	12,1	—	N	5	2	20	8	9	6	4	1	15	8	53	25
9.	12,7	r	NO	1	2	12	13	9	4	2	4	23	4	47	27
10.	12,9	—	NNW	2	3	9	2	10	3	1	4	7	3	29	15
11.	9,0	r	N	1	—	15	10	10	3	1	1	6	2	33	16
12.	8,7	r	N	—	—	8	5	4	3	—	3	3	3	15	14
13.	8,4	—	N	—	—	14	9	9	5	1	—	5	3	29	17
14.	8,8	—	N	1	1	7	6	2	3	—	—	1	2	11	12
15.	9,9	—	N	—	—	23	8	5	8	1	2	5	4	34	22
16.	7,7	r	NNW	—	—	13	13	2	4	2	—	4	—	21	17
17.	6,8	r	NO	2	—	14	7	1	2	2	2	4	5	23	16
18.	7,2	r	NO	—	—	15	7	2	1	1	—	3	2	21	10
19.	7,1	r	NNW	—	—	8	6	—	—	—	—	5	3	13	9
20.	6,5	f	N	3	1	9	7	—	1	—	—	10	4	22	13
21.	5,2	f	S	—	—	6	6	1	1	—	—	4	3	11	10
22.	6,4	f	SO	2	—	15	5	2	2	—	—	4	1	23	8
23.	7,5	f	N	—	1	6	6	1	2	1	—	2	5	10	14
24.	8,7	r	NO	—	—	7	2	1	—	—	1	—	—	8	3
25.	5,5	r	NNW	3	—	7	5	4	—	—	—	1	—	15	5
26.	5,3	r	NNW	1	—	8	3	1	1	—	—	1	—	11	4
27.	5,2	—	NNW	1	—	10	7	2	—	—	—	—	—	13	7
28.	3,8	r s	NNW	—	—	4	4	3	1	—	—	1	—	8	5
29.	5,1	r s	NO	—	1	5	2	1	1	4	4	—	—	10	8
30.	2,7	r s	NNO	1	—	2	—	1	1	—	—	1	—	5	1
31.	1,0 (—0,4)	s	NNW	—	—	4	5	2	2	—	—	—	—	6	7
Sa.	8,2	—	—	40	26	401	222	202	97	40	35	142	67	825	447

NB. In der Rubrik 2 sind in (   ) die niedrigsten Temperaturen des betreffenden Tages beigefügt, sobald dieselben unter 0° C. lagen.

5. Monat Januar 1894.

1.	2.	3.	4.	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
				Gemeldete Fälle in Stadtgegenden											
Tag	Mittlere Temperatur ° C.	Niederschläge	Vorherrschende Windrichtung	in Asien		südlich vom gold. Horn		nördlich v. goldenen Horn		in Pera		in Vororten am Bosporus		insgesammt	
				k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
1.	+0,9 (-1,3)	f	NW	1	—	4	1	1	—	1	1	6	2	13	4
2.	3,6	f	NW	—	—	4	5	2	1	—	—	1	3	7	9
3.	5,2	f r	NO	—	2	5	2	—	1	—	—	—	1	5	6
4.	3,9	r	NW	—	—	3	1	1	—	1	1	—	—	5	2
5.	1,5	s	NNW	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	2	1
6.	3,0	s r	NO	1	—	5	1	1	—	—	1	—	—	7	2
7.	3,0	—	NO	—	—	2	4	—	1	—	—	1	1	3	6
8.	4,1	r	N	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—	2	2
9.	3,4	r	N	—	—	2	2	—	—	—	—	1	—	3	2
10.	6,3	r	N	—	—	4	3	2	—	1	1	—	—	7	4
11.	5,0	r	NNO	1	—	5	1	2	1	—	—	—	—	8	2
12.	3,4	r	N	—	—	5	3	3	2	—	—	—	—	8	5
13.	4,4	r	NO	—	1	2	5	2	1	1	1	—	—	5	8
14.	3,9	—	NO	—	—	2	1	—	1	—	—	—	—	2	2
15.	2,4	—	N	—	—	3	3	—	—	—	—	—	—	3	3
16.	1,3(—1,2)	—	N	1	—	1	—	—	—	1	—	—	—	3	—
17.	1,9	—	O	—	—	4	3	—	—	1	—	—	—	5	3
18.	2,0(—0,1)	—	NO	—	—	2	1	—	1	—	—	—	—	2	2
19.	-0,3 (-5,0)	f	NO	—	—	4	2	—	—	—	—	—	—	4	2
20.	+0,8 (-4,3)	f	N	—	—	3	2	—	—	—	—	—	—	3	2
21.	+2,9 (-1,1)	f	NW	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
22.	+2,6 (-1,4)	f	SO	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	1	2
23.	+3,1 (-0,9)	f	NNW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.	+2,7 (-1,7)	f	S	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—
25.	+3,2 (-1,2)	f	SSW	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	2	1
26.	+ 5,4	f	N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	+2,6 (-0,8)	f	SW	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	2
28.	4,6	f	NO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.	4,4	—	NW	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1
30.	7,0	r	NNW	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	1
31.	4,6	r	N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sa.	3,3	—	—	4	3	67	48	15	10	8	7	9	7	103	75

6. Monat Februar 1894.

1.	2.	3.	4.	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
				Gemeldete Fälle in Stadtgegenden											
Tag	Mittlere Temperatur ° C.	Niederschläge	Vorherrschende Windrichtung	in Asien		südlich vom gold. Horn		nördlich v. goldenen Horn		in Pera		in Vororten am Bosporus		insgesammt	
				k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
1.	4,8	r	N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	3,0	—	N	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
3.	4,0	f	N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	4,2	f	S	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
5.	4,8	f	NW	—	—	—	—	1	—	2	—	—	—	3	—
6.	6,5	—	N	—	—	—	—	2	1	3	1	7	—	12	2
7.	4,7	r	N	—	—	1	—	1	3	6	—	3	—	11	3
8.	5,1	—	SSW	—	—	—	1	2	1	11	4	—	—	13	6
9.	7,4	—	N SO	—	1	—	—	3	1	8	1	—	3	11	6
10.	4,9	—	SW	—	—	—	—	2	1	2	1	4	—	8	2
11.	10,1	—	SSW	—	—	1	2	2	1	2	3	—	—	5	6
12.	11,6	—	SW	—	—	1	1	1	2	1	2	2	—	5	5
13.	13,2	—	SW	—	—	—	1	2	6	2	1	—	—	4	8
14.	11,1	r	SSW	—	—	2	—	—	1	5	—	—	—	7	1
15.	3,6	r s	NNW	—	—	—	—	—	1	1	2	—	—	1	3
16.	2,1	r s	NW	—	—	—	—	3	—	1	—	—	—	4	—
17.	1,7 (—1,5)	—	SW	—	—	—	—	—	3	1	2	—	—	1	5
18.	-0,1 (-2,0)	f s	N	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	2	1
19.	-1,6 (-2,4)	s	NNW	—	—	1	—	—	2	1	1	1	—	3	3
20.	—0,7	s	NW	—	—	—	—	2	1	4	—	1	—	7	1
21.	+0,8	s	N	—	—	1	1	—	2	—	1	3	—	4	4
22.	-1,0 (-4,3)	—	N	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	2	1
23.	-1,0 (-4,6)	s	NNW	—	—	—	2	—	1	5	—	—	—	5	3
24.	-1,8 (-6,0)	s	NW	—	—	1	1	2	—	5	2	3	—	11	3
25.	-0,4 (-8,0)	f	SSW	—	—	4	1	3	1	1	1	2	—	10	3
26.	5,7	—	SSW	—	—	—	—	1	—	3	—	2	—	6	—
27.	4,6	r	N	—	1	—	—	—	1	3	—	4	2	7	4
28.	5,8	—	N	—	—	—	—	—	3	—	1	1	—	1	4
Sa.	4,0	—	—	—	2	13	10	29	33	70	24	33	5	145	74

7. Monat März 1894.

1.	2.	3.	4.	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
				Gemeldete Fälle in Stadtgegenden											
Tag	Mittlere Temperatur ° C.	Niederschläge	Vorherrschende Windrichtung	in Asien		südlich vom gold. Horn		nördlich v. goldenen Horn		in Pera		in Vororten am Bosporus		insgesammt	
				k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
1.	5,4	f	SSW	—	—	—	1	—	2	2	—	—	—	2	3
2.	5,5	r	NNO	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1
3.	3,6	r	NNO	—	—	—	—	2	4	1	2	—	—	3	6
4.	4,3	f	NNO	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	2	—
5.	3,9 (-0,6)	—	O	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3	—
6.	6,1 (-0,8)	f	SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	10,0	—	S	—	—	—	—	1	3	—	—	—	—	1	3
8.	12,8	—	SO	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	2	1
9.	7,0	—	NNW	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
10.	6,3	—	S	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
11.	7,9	f	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.	11,0	f	SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13.	11,2	—	SSW	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
14.	11,8	r	S	—	—	—	—	3	1	—	1	—	—	3	2
15.	12,9	r	S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.	12,8	r	SSW	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	1	2
17.	10,8	r	SSW	—	—	1	—	2	1	1	—	—	—	4	1
18.	10,8	r	SSW	—	—	3	—	5	1	—	—	2	1	10	2
19.	11,6	—	NNW	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	3	—
20.	10,1	—	NW	—	—	—	2	—	—	—	—	3	2	3	4
21.	8,6	—	NNW	—	—	—	—	2	—	2	—	—	—	4	—
22.	5,9	r	NNW	—	—	3	—	3	1	1	—	1	1	8	2
23.	5,0	r	N	—	—	2	—	1	—	2	1	3	1	8	2
24.	6,3	—	NO	—	—	—	1	2	—	—	2	1	1	3	4
25.	7,4	—	NO	—	—	1	2	5	1	3	—	2	1	11	4
26.	5,9	r	N	—	—	—	—	1	2	—	—	—	2	1	4
27.	4,1	r	NW	—	1	3	1	2	2	—	2	—	—	5	6
28.	?	?	?	1	—	—	1	3	4	3	—	—	—	7	5
Sa.	8,1	—	—	1	1	15	9	34	24	22	10	14	9	86	53

Tabelle

Uebersicht der Cholera-

Geordnet nach Vorkommen in

Stadtgegenden	September 1893						October						November						De…	
	1.–10.		11.–20.		21.–30.		1.–10.		11.–20.		21.–31.		1.–10.		11.–20.		21.–30.		1.–10.	
	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
1. In Asien	99	58	36	31	18	15	34	9	36	28	12	12	20	15	46	25	17	17	25	22
2. Südlich v. gold. Horn	14	2	5	1	1	—	11	5	6	5	2	1	30	12	152	69	208	112	201	99
3. Nördlich v. gold. Horn	—	—	3	2	3	—	10	7	24	6	13	12	49	27	117	74	74	43	148	56
4. In Pera	—	—	1	—	1	1	3	2	3	3	2	1	6	4	9	9	15	16	27	22
5. Vororte a. Bosporus	—	—	3	1	3	1	3	6	7	5	5	3	12	10	16	9	28	17	82	30
6. Summe	113	60	48	35	26	17	61	29	76	42	34	29	117	68	340	186	342	205	483	229

Tabelle

Uebersicht der Cholera-

Geordnet nach Vorkommen in

Stadtgegenden	September 1893		October		November		De…
	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.
1. In Asien	153	104	82	44	83	57	40
2. Südlich v. gold. Horn	20	3	19	11	390	193	401
3. Nördlich v. gold. Horn	6	2	47	25	240	144	202
4 In Pera	2	1	8	6	30	29	40
5. Vororte am Bosporus	6	2	15	14	56	36	142
6. Summe	187	112 (59,9%)	171	100 (58,5%)	799	459 (57,4%)	825

II.

Erkrankungs- und Todesfälle.

Monatsdritteln und Stadtgegenden.

cember				Januar 1894						Februar						März						Summe	
11.–20.		21.–31.		1.–10.		11.–20.		21.–31.		1.–10.		11.–20.		21.–28		1.–10.		11.–20		21.–28.			
k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
7	2	8	2	2	2	2	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	363	237
126	78	74	45	33	22	31	21	3	5	1	1	6	4	6	5	—	1	6	3	9	5	925	496
35	30	19	11	7	3	7	6	1	1	11	7	11	18	7	8	5	11	10	3	19	10	573	335
8	8	5	5	3	4	3	1	2	2	34	7	18	11	18	6	9	3	2	2	11	5	180	112
46	28	14	9	9	7	—	—	—	—	14	3	4	—	15	2	—	—	7	3	7	6	275	140
222	146	120	72	54	38	43	29	6	8	60	19	39	33	46	22	14	15	25	11	47	27	2316	1320

IIa.

Erkrankungs- und Todesfälle.

Monaten und Stadtgegenden.

cember	Januar 1894		Februar		März		Summe	
t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.	k.	t.
26	4	3	—	2	1	1	363	237 (65,3%)
222	67	48	13	10	15	9	925	496 (53,6%)
97	15	10	29	33	34	24	573	335 (58,5%)
35	8	7	70	24	22	10	180	112 (62,2%)
67	9	7	33	5	14	9	275	140 (50,9%)
447 (54,2%)	103	75 (72,8%)	145	74 (51,0%)	86	53 (61,6%)	2316	1320 (57%)

5. December, an welchem Tage sie ihren Höhepunkt erreichte, mit vereinzelten Unterbrechungen an und fällt dann, sich bis zum 22. December noch mit Unterbrechungen auf mittlerer Höhe haltend, allmählich ab. Anfang und Ende Februar sowie Ende März ist dann noch ein Aufflackern zu verzeichnen. Nach dieser Zeit habe ich keine Zahlen mehr, doch kamen Krankheitsfälle in erheblicherer Anzahl nicht mehr vor und am 28. April wurde mir auf dem office de santé gesagt, dass die Stadt seuchefrei sei.

Bei der Betrachtung der einzelnen Tabellen und Curven und ihrer Vergleichung ist besonders in die Augen fallend eine der Hauptsache nach völlige Uebereinstimmung in Bezug auf die Eingipfligkeit der Curven, wie dieselbe auch in früheren grösseren Städte-Epidemien in Genua, Hamburg, Neapel hervorgetreten ist. Ueberall, sowohl in den Curven der einzelnen Stadtgegenden, wie in denjenigen der Gesammtzahlen, erreichen dieselben ihre Höhepunkte in den Monaten November December bis dahin fast stetig ansteigend — abgesehen von dem explosionsartigen ersten Ausbruch im Irrenhause zu Skutari und Umgebung — und später fast ebenso stetig abfallend. Es war sichtlich eine Tendenz zur allgemeinen Ausbreitung der Seuche vorhanden, warum die Seuche aber trotzdem nicht diese Ausbreitung erreichte, lässt sich schwer sagen. Mögen hier Witterungsverhältnisse ausschlaggebend gewesen sein? Mögen die allmählich getroffenen, wenn auch geringen, Schutzmaassregeln von einigem Einfluss gewesen sein? Mag trotz aller erwähnten Umstände die Diposition zu einer solchen allgemeinen Ausbreitung nicht vorhanden gewesen sein? Hat alles dieses zusammengewirkt? Eine Ausnahme bildet die Curve in Pera. Dessen Verhältnisse unterscheiden sich aber mannigfach, wie später erwähnt, von denen der übrigen Stadtgegenden. Auch sind dessen geringe Zahlen unter einer im Vergleich mit den übrigen Stadtgegenden weit weniger zahlreichen Bevölkerung nicht von gleicher Bedeutung.

Fragt man nun, ob sich zwischen diesen Ausbreitungs-Schwankungen und den atmosphärischen Einflüssen ein Zusammenhang finden lässt, so ist diese Frage in gewissem Sinne zu

bejahen. Leider sind auch hier wieder die meinen Angaben zu Grunde liegenden Aufzeichnungen für unseren Zweck weniger geeignet, da besonders solche über den Stand des Grundwassers mir nicht zugängig waren. Dennoch will ich nicht unterlassen, das mir Bekannte mitzutheilen, da es immerhin einigen Aufschluss gibt. Der Höhepunkt der Seuchenausbreitung liegt in den beiden letzten Dritteln des November und im ersten des December (cf. auch Tabelle und Curve II). Anfang November war die mittlere Temperatur noch auf ziemlicher Höhe (16,2° C) gewesen und stieg gegen Ende des Monats nach geringem Abfall noch einmal etwas an. Tage mit Regen waren, wie gewöhnlich in Constantinopel, bis Mitte October nur vereinzelt vorgekommen, noch im ganzen October sind nur 7 Regentage, darunter 3 mit erheblichen Mengen, verzeichnet. Dagegen nimmt im November die Feuchtigkeit erheblich zu. Bis Mitte November haben wir bereits 10 Regentage, Tage, an denen keine Niederschläge waren, finden sich nur 7 im ganzen November. Im December sind 16 Regentage, 3 mal mit Schnee vermischt und 1 Schneetag, Tage ohne Niederschläge 9 verzeichnet. Januar, Februar und März waren weniger durch Regentage ausgezeichnet, doch sehen wir Ende Januar, Mitte Februar und Mitte März ein Ansteigen der Feuchtigkeitscurve. — In dieser habe ich, um einen nur ganz ungefähren Anhalt zu gewinnen, 2 Tage mit Feuchtigkeit in der Luft Nebel, Thau u. s. w. gleich einem Regentage gesetzt. Im Februar haben wir 6 Frosttage, an denen die mittlere Temperatur unter 0° C. war. Erwähnen möchte ich dann noch einen ferneren Umstand: Winde aus südlicher Richtung gelten nach allgemeiner Anschauung, die fast als Aberglaube erscheint, in Constantinopel in gewissem Sinne für bedenklich, so ist es streng verpönt, an und nach Südwindtagen dort gefischte Austern zu essen. Eine Erklärung findet diese Anschauung vielleicht darin, dass südliche Winde, aus der Richtung des Marmara-Meeres kommend, das Abfliessen des Bosporus-Wassers und die Strömung darin verlangsamen und besonders das Wasser des goldenen Hornes aufstauen. Nun haben wir gerade von Mitte bis Ende November nach dem Anwachsen der

Niederschlagsmengen und mit höherer Temperatur zahlreichere Südwindtage. Dies entspricht dem Höhepunkte der Seuche. Andererseits ist auffällig, dass entsprechend der Abnahme derselben vom December ab sich neben der allmählichen Abnahme der Temperatur der geringeren Feuchtigkeit ein fast völliges Fehlen von Südwindtagen von Ende December bis Ende Januar — vom 23. XII. 93 bis 21. I. 94 kein einziger — ergibt. Wie hier im grossen Verlauf, so finden wir auch in einzelnen kleineren Schwankungen Beziehungen. So entspricht der Abnahme der Erkrankungsziffern vom 14. zum 15. November und dem Niedrigbleiben bis zum 21. eine geringere mittlere Temperatur zwischen dem 11. und 17. November, an welchen Tagen auch niemals südliche Winde wehten. Gleichfalls folgt der Zunahme der Temperatur vom 17. bis 19. mit dauerndem Südwind und Regen eine Zunahme der Erkrankungen vom 21. bis 23. Wiederum lassen die Erkrankungen vom 23. bis 28. nach und entsprechend fiel die Temperatur vom 19. bis 23. und wehte kein Südwind. So ist ein vielleicht nur zeitlicher Zusammenhang zwischen Witterung und Ausdehnung nicht wohl zu verkennen, es sei aber ferne, diese meteorologischen Einflüsse als ausschlaggebend hinzustellen, dem widersprechen Zeiten mit anderen Ergebnissen, sie sind eben wohl nur als Hülfsursachen für das Umsichgreifen der Epidemie anzusehen.

Den Gang der Seuche in den einzelnen Stadtgegenden nach der oben erwähnten Eintheilung veranschaulicht Tabelle und Curve II.

In Skutari und den anderen Stadttheilen auf asiatischer Seite (Nr. 1) nahm die Cholera im 2. und 3. Drittel des September erheblich ab, blieb während der ersten 2 Drittel des October auf mittlerer Höhe, erhob sich dann Mitte November zu über 50 Fällen in 10 Tagen, um von da ab ständig herunter zu gehen. Von Ende Januar kann sie hier als erloschen angesehen werden.

In den Stadttheilen südlich des goldenen Hornes (Nr. 2), von denen besonders Stambul zu nennen ist, wäre die Cholera überhaupt erst seit dem November erwähnenswerth. Dann fordert sie aber auch gleich sehr zahlreiche Opfer und hält sich

bis Ende December auf bedeutender Höhe, in den ersten beiden Dritteln des Januar auf mittlerer, um von da ab fast nur noch sporadisch vorzukommen.

Ein ähnliches Verhalten zeigt die Cholera in den nördlich des goldenen Hornes gelegenen Stadtvierteln (Nr. 3). Auch hier begannen sich nach geringer Ausbreitung im September und October zahlreiche Fälle, im November besonders im 2. Drittel desselben und im December vor allem dessen ersten Drittel, zu zeigen. Ende December findet dann eine erhebliche Abnahme der Erkrankungen statt und von da an kommen sie nur noch in verschwindender Anzahl vor.

Dass gerade diese beiden um das goldene Horn gelegenen Stadtgegenden in besonders hohem Maasse von der Seuche heimgesucht wurden, hängt wohl mit ihrer grösseren Bevölkerungszahl und Dichtigkeit zusammen. Es wird aber auch für Jedermann verständlich, der die engen, beim geringsten Regen fabelhaft schmutzigen Strassen dieser Stadttheile durchwandert, der da sieht, wie eng und in was für Baracken hier eine zum grössten Theil ärmliche Bevölkerung wohnt, der die Bedürfnislosigkeit dieser Bevölkerung auch in Bezug auf die Reinlichkeit kennt, und dem es vergönnt ist, hier und da die eigenartigen Gerüche des »goldenen Hornes«, das seinem Namen zu Zeiten durch eine lehmfarbene Brühe alle Ehre macht, einzuathmen. Der Einwand, dass der Türke doch schon durch seine von Seiten der Religion gebotenen Waschungen mehr als andere der Reinlichkeit huldigen, ist hier nicht stichhaltig, da einerseits gerade in diesen Stadtgegenden auch zahlreiche Nicht-Muselmänner — Juden, Armenier — wohnen, andererseits auch gerade diese Waschungen der Grund zur Uebertragung der Krankheit sein können, wenn sich zu denselben der glaubensstrenge Muhammedaner, wie ich dies recht oft gesehen, des keineswegs unverdächtigen »goldenen Horn«-Wassers oder ähnlicher bedient.

In Pera kamen lange Zeit Erkrankungen nur ganz vereinzelt vor. Ende November Anfang December nahm ihre Zahl wie überall, aber hier weniger bedeutend zu, um dann bis Ende Januar wieder ganz gering zu bleiben. Den Höhepunkt erreichte

die Seuche hier erst Anfang Februar, hielt sich aber nur kurze Zeit auf demselben. Dieser späte Ausbruch hier kann wohl damit in Zusammenhang gebracht werden, dass Pera höher als die früher genannten Stadttheile gelegen, dass ferner hier wohlhabendere Leute von höherer Bildung — viele West-Europäer — wohnen, welche sich besser zu schützen verstanden. Die geringe Anzahl von Erkrankungsfällen hier im Vergleich zu den anderen Stadtgegenden findet auch noch mit darin eine Erklärung, dass diese Stadtgegend, weit weniger ausgedehnt als die übrigen, eine bedeutend geringere und weniger dicht wohnende Bevölkerung hat.

In den Vororten am Bosporus (Nr. 5), die ja vermöge ihrer getrennteren ferneren Lage der Ansteckung weniger ausgesetzt waren, trat die Seuche nur in verschwindend geringem Grade auf, nur zur Zeit der allgemeinen Krankheitszunahme Anfang December findet sich auch hier eine erheblichere Erkrankungsziffer.

Die Gesammtzahl der Erkrankungen vom Ausbruch der Epidemie bis zum 28. März, dem letzten Tage, von welchem ich die Zahlen erhalten konnte, beträgt nach meiner Zusammenstellung 2316 mit 1320 Todesfällen = 57% der Erkrankungen.[1]) Auf die einzelnen Monate vertheilen sich die Erkrankungen und Todesfälle wie Tabelle IIa ergibt. Nach der Anzahl der Erkrankungen ordnen sich die Monate danach wie folgt: December, November, September, October, Februar, Januar, März; nach der Anzahl der Todesfälle: November, December, September, October, Januar, Februar, März. Relativ die grösste Sterblichkeit im Verhältnis zur Zahl der Erkrankungen haben wir im Januar 72,8%, dann März 61,6%, September 59,9%, October 58,5%, November 57,4%, December 54,2%, Februar 51,0%.

Auf die einzelnen Stadtgegenden vertheilen sich die Fälle, nach der Häufigkeit der Erkrankungen und der Todesfälle geordnet, in folgender Weise:

1. südl. v. g. H. . 925 bzw. 496 = 53,6% der Erkrankten.
2. nördl. v. g. H. 573 » 335 = 58,5% » »

1) Die officiellen Bulletins zählen 2336 bezw. 1337, doch dürften sich dort z. B. in Bulletin 5, 11, 14 kleine Irrthümer eingeschlichen haben.

3. in Asien . . 363 bzw. 237 = 65,3 % der Erkrankten.
4. am Bosporus 275 » 140 = 50,9 % » »
5. in Pera . . 180 » 112 = 62,2 % » »

Somit haben relativ die grösste Sterblichkeit die Stadtheile in Asien aufzuweisen, in denen die Cholera zuerst ausbrach mit 65,3 %, die geringste die Vororte am Bosporus mit 50,9 %.

Zum Vergleich führe ich in den Haupt-Cholera-Monaten die Zahl der Todesfälle in Constantinopel überhaupt sowie das procentartige Verhältnis der Choleratodesfälle zu diesen an. Dieselben betrugen:

September	1893	862	zu	112	an	Cholera	=	13,0 %
October	»	886	»	100	»	»	=	11,3 %
November	»	1396	»	459	»	»	=	32,2 %
Dezember	»	1576	»	447	»	»	=	28,4 %
Januar	1894	1741	»	75	»	»	=	4,3 %

Mancherlei Maassnahmen wurden ergriffen, um dem Umsichgreifen der Seuche Einhalt zu gebieten. Schon im Sommer 1893 war die Einfuhr und der Verkauf einer Reihe von Früchten verboten, so besonders Melonen und Gurken, und dieses Verbot wurde mit grosser Strenge durchgeführt. Die Hauptrolle spielte auch im Innern der Stadt das Absperrungssystem. War in einem Hause ein verdächtiger Krankheitsfall vorgekommen, so wurde ein Militärposten davorgesetzt und niemand der zur Zeit in dem Hause Befindlichen herausgelassen. Selbst gegen die Aerzte sollte diese Maassregel Anwendung finden, doch scheiterte die Ausführung derselben überall sehr bald an der Undurchführbarkeit. Die in einem solchen Hause befindlichen Personen wurden dann längere Zeit 5 auch 10 Tage abgesondert gehalten, sogar eventuell auf Staatskosten verpflegt. In einzelnen Gebäuden, welche vorübergehend grösseren Menschenmengen zum Aufenthalt dienen, so Schulen, wurden zuweilen auch die Ein- und Ausgehenden mittelst eines Druckwerkes mit antiseptischer Flüssigkeit angespritzt. In den Strassen fand man vielfach ein weisses Pulver — angeblich Kalk — verstreut. Eine wesentliche Zunahme der nicht sehr ergiebigen Strassenreinigung fiel nicht auf. Oeffentliche Volksbelustigungen sowie grössere Leichenzüge selbst von Leuten,

die der Aussage nach an Cholera verstorben, konn
wiederholt beobachten. Erkrankte Personen, auch sol
unter nur einigermaassen verdächtigen Anzeichen auf de
bemerkt wurden, brachte man unter Anwendung höch
gischer Vorsichtsmaassregeln in die öffentlichen Hospitäler.
Ende der Seuche wurde auch der Verkauf von Scha
untersagt und Fischgenuss vielfach gemieden. Zum ge
Studium der Seuche und Vorschlägen von Vorbeugung
regeln wurden von Seiten Seiner Majestät des Sultans
männer wie Dr. Chantemesse auf Vorschlag Pasteu
Dr. Karlinski nach Constantinopel berufen, konnten ab
diesen hier so eigenartigen Verhältnissen keine eing
Thätigkeit entfalten.

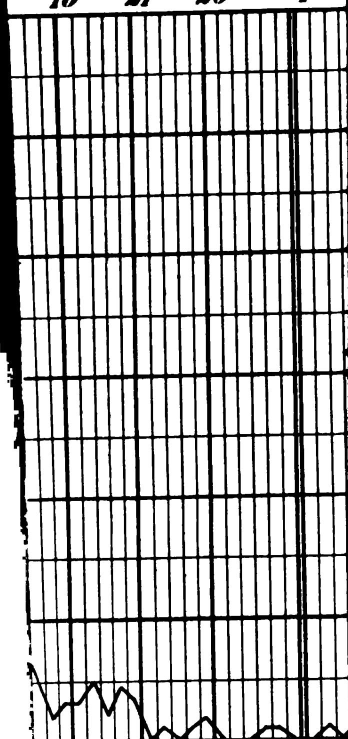
In deutschen Zeitschriften sind, soweit mir bekannt, w
der Epidemie die oben erwähnte Arbeit von Mordtma
eine mehr feuilletonistisch gehaltene von Dr. von Dühr
der deutschen medicinischen Wochenschrift veröffentlich
obigen Zeilen mögen als streng localistisch gehaltene un
in das Einzelne gehende Ausführungen und Ergänzunge
genommen werden.



n Tagen
uar 1
16
16

n Tagen.

uar 1894





(1.)